

Etude hydrobiologique de l'arène dans le Bassin-Versant du Furans (ain)

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 1^{er} Juillet 1976
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Jean LAUNAY

né le 15 Mars 1951

à TOUROUVRE (Orne)



ASSOCIATION AMICALE
DES ETUDIANTS EN PHARMACIE DE LYON
UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD
8, Avenue Rockefeller, 8
69373 LYON Cedex 2

Etude hydrobiologique de l'arène dans le Bassin-Versant du Furans (ain)

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 1^{er} Juillet 1976

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Jean LAUNAY

né le 15 Mars 1951

à TOUROUVRE (Orne)



ASSOCIATION AMICALE
DES ETUDIANTS EN PHARMACIE DE LYON
UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD
8, Avenue Rockefeller, 8
69373 LYON Cedex 2

Etude hydrobiologique de l'arène
dans le Bassin-Versant du Furan
(ain)

THÈSE

présentée

à L'UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD de LYON

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 1^{er} Juillet 1978
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Jean LAUNAY

né le 15 Mars 1951

à TOULON (Gme)



ASSOCIATION AMICALE
DES ÉLÉVÉS DU BARRACON DE LYON
UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD
1, Avenue de la République
69622 LYON Cedex 3

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE
VETERINAIRE DE LYON

Directeur : Monsieur le Professeur FROGET

Directeurs Honoraires : Messieurs les Professeurs JUNG,
 TAPERNOUX, FLORIO.

PROFESSEURS

1) Pharmacie et Toxicologie	M. LORGUE
2) Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée	M. BARONE
3) Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie	M. BOST
4) Histologie - Embryologie - Anatomie pathologique	M. LUCAM
5) Hygiène et Industrie des aliments d'origine animale	M. FLACHAT
6) Parasitologie et Maladies parasitaires	M. EUZEBY
7) Pathologie médicale des équidés et des carnivores - Législation vétérinaire	M. FONTAINE
8) Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	M. COTTEREAU
9) Technique chirurgicale - Pathologie chirurgicale	M. COULON
10) Obstétrique - Pathologie de la Reproduction	M. BERTRAND
11) Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie	M. OUDAR
12) Ethnologie - Zootechnie - Economie rurale	M. FROGET
13) Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation	M. WOLTER
14) Physique et Chimie biologiques et médicales	M. MAGAT
15) Maladies contagieuses - Zoonoses - Législation sanitaire	M. JOUBERT

PROFESSEURS SANS CHAIRE

M. FERNEY (Détaché à l'Institut de Médecine et Sciences Vétérinaires de DAKAR)
MM. CHANTEGRELET, JEAN-BLAIN, LAPRAS.

MAITRES DE CONFERENCES

MM. BOIVIN, DELATOUR, DESCHANEL, LE NIHOUANEN.

MAITRES ASSISTANTS AGREGES

MM. GASTELLU, MOUTHON

MAITRES ASSISTANTS

Mme CHAUVE, MM. DALBIEZ, FARGES, FRANCK, GEVREY, KECK, Mlle LAVAL, MM. LEGEAY, PRAVE, RICHARD

ASSISTANTS

MM. CHERMETTE, DESCHEPPER, Mlle DOMENEC, MM. FAU, HALGRAIN, GOUY, HARS, HEANEY, LABE, LENNOZ, Mme LENNOZ
MM. LIEVRE, PAYAN, SCLAVON.

EXAMINATEURS DE LA THESE

PRESIDENT : Monsieur le Professeur BERTOYE de la Faculté de Médecine

ASSESEURS : Monsieur le Professeur LORGUE de l'Ecole Nationale Vétérinaire
Monsieur le Professeur LAPRAS de l'Ecole Nationale Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON, déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A ELISABETH, MA FEMME,

*qui m'a soutenu et aidé dans la
rédaction de ce travail.*

En témoignage de mon amour.

A MES PARENTS DU PERCHE.

A MES PARENTS DE LYON.

A TOUS LES MIENS.

A Monsieur le Professeur BERTOYE

Professeur à la Faculté Mixte de Médecine et Pharmacie de LYON

*qui a bien voulu nous faire l'honneur
de présider notre Jury de thèse.*

Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur LORGUE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

*qui nous a conseillé dans l'élaboration
de cette thèse et à qui nous exprimons
notre respectueuse gratitude.*

A Monsieur le Professeur LAPRAS

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

*que nous remercions d'avoir accepté de
faire partie de notre Jury de thèse.*

Qu'il trouve ici l'assurance de notre respect.

A Monsieur le Docteur VIAL

Directeur du Service d'Hygiène Appliquée
de l'Institut Pasteur de Lyon

*qui a bien voulu effectuer à titre gracieux
les analyses de l'eau et nous a aimablement
apporté son aide et ses conseils.*

*Qu'il veuille trouver ici l'expression de
notre profonde reconnaissance et de notre respect.*

A Monsieur le Maître Assistant BOURNAUD

de la Faculté des Sciences de Lyon

*qui nous a beaucoup aidé dans les déterminations
des invertébrés.*

Qu'il reçoive ici mes hommages respectueux.

A Monsieur le Maître Assistant KECK

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

*qui nous a amicalement guidé et beaucoup
éclairé dans l'élaboration de ce travail.*

A Monsieur l'Ingénieur en Chef BATIAS

Chargé de la Région Piscicole Rhône-Alpes

*dont l'aide nous a permis l'obtention
des données ichtyologiques.*

Hommages respectueux.

A Monsieur HENRY

Président du Groupement des Pêcheurs Sportifs
de l'Automobile-Club du Rhône

*qui est à l'origine de la création de cette
thèse et qui nous a conseillé et aidé dans la
mise en place du travail sur le terrain.*

*Qu'il veuille trouver ici l'expression de
notre sincère gratitude.*

Nos remerciements vont également

A Monsieur le Garde-Chef PASQUIER
de la Fédération de l'Ain,

ainsi qu'à tous les garde-pêches qui nous
ont beaucoup aidé,

particulièrement à Monsieur GRUMET,
Garde-Pêche à ARTEMARE (Ain)

qui nous a beaucoup appris au cours des visites
le long de la rivière.

A tous les membres du Laboratoire de Pharmacie-Toxicologie
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.

P L A N

=====

INTRODUCTION.

CHAPITRE I : L'environnement de l'Arène

- I.1 - Présentation de l'Arène.
- I.2 - Géologie.
- I.3 - Le cours de l'Arène.
- I.4 - Régime hydrologique.
- I.5 - Couverture végétale du bassin-versant.

CHAPITRE II : Composantes abiotiques. Le milieu inerte

- II.1 - Composantes morpho-dynamiques et thermiques.
- II.2 - Composantes physico-chimiques.

CHAPITRE III : Composantes biotiques du milieu. Le milieu vivant

- III.1 - La végétation aquatique macrophytique.
- III.2 - La faune benthique : les macro-invertébrés.
- III.3 - L'ichtyofaune.

ETAT DE SANTE DE L'ARENE.

CONCLUSIONS.

BIBLIOGRAPHIE.

I N T R O D U C T I O N

=====

La vie dans les cours d'eau résulte d'un équilibre dont les mécanismes sont complexes. L'étude hydrobiologique d'un cours d'eau peut nous permettre de les analyser et grâce à un certain nombre de paramètres physico-chimiques et biologiques, d'obtenir un schéma écologique ou "diagnose écologique" de ce cours d'eau.

Malheureusement, les éléments de référence nous manquent. Souvent la limite entre l'état "normal" et l'état "pathologique" ou "pollution" de la rivière est difficile à percevoir et à définir.

L'Arène, petite rivière du Bas-Bugey représente l'exemple du cours d'eau posant ce type de problème, car il est le récepteur de divers rejets qui modifient la qualité de ses eaux.

Son étude nous permettra de percevoir l'influence de ces rejets dans le temps et dans l'espace.

Elle se composera de trois parties suivant le plan adopté par de nombreux hydrobiologistes :

- Dans la première partie, nous exposerons les composantes de l'environnement de l'Arène.

- La deuxième partie analysera les composantes abiotiques (morphologiques, physiques et chimiques) ou milieu inerte.

- La troisième partie représentera l'étude écologique proprement dite, ou étude du milieu vivant.

Et finalement, nous tenterons de réaliser une synthèse des données recueillies pour aboutir à un essai de diagnose écologique, concernant la situation actuelle de l'Arène.

Ce travail s'insère dans un ensemble d'études écologiques et toxicologiques menées par le Laboratoire de Toxicologie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon sur le bassin versant du Furans - auquel appartient l'Arène - et qui peut, dans une certaine mesure, être considéré comme assez représentatif des systèmes hydrographiques de type karstique, très fréquemment rencontrés dans la région Rhône-Alpes (G. KECK - Thèse Docteur Vét. 75 : Etude hydro-biologique du Furans).

---oOo---

C H A P I T R E I

=====

L'ENVIRONNEMENT DE L'ARENE

I.1 - PRESENTATION DE L'ARENE.

Le réseau hydrographique du Bas-Bugey - partie méridionale du Jura - comprend trois groupes de rivières :

- . l'un centré sur le Séran, appartient surtout au Valromey,
- . le second plus complexe, collecté par le Gland, traverse la zone occidentale,
- . le dernier, axé sur le Furans, rassemble les apports de la Cluse des Hôpitaux avec l'artère maîtresse qui est le Furans lui-même, et les apports du Valromey avec l'Arène.

L'Arène, dont le cours mesure 10,5 kilomètres de long, descend de Thézillieu par une étroite gorge synclinale de direction NW-SE, qui l'amène à Virieu-le-Grand, dans la dépression de la Cluse - Culoz - Ambérieu, d'où elle s'échappe pour rejoindre le Furans. Sa vallée au débouché dans la Cluse, est encombrée de matériaux d'alluvions, sur une certaine hauteur, et c'est au sein de ces alluvions que le torrent s'est frayé un lit dans la direction N-S. Sa direction générale lui est imposée par l'allongement NW-SE des unités tectoniques du massif, la direction N-S réapparaissant en bordure du bassin de Belley.

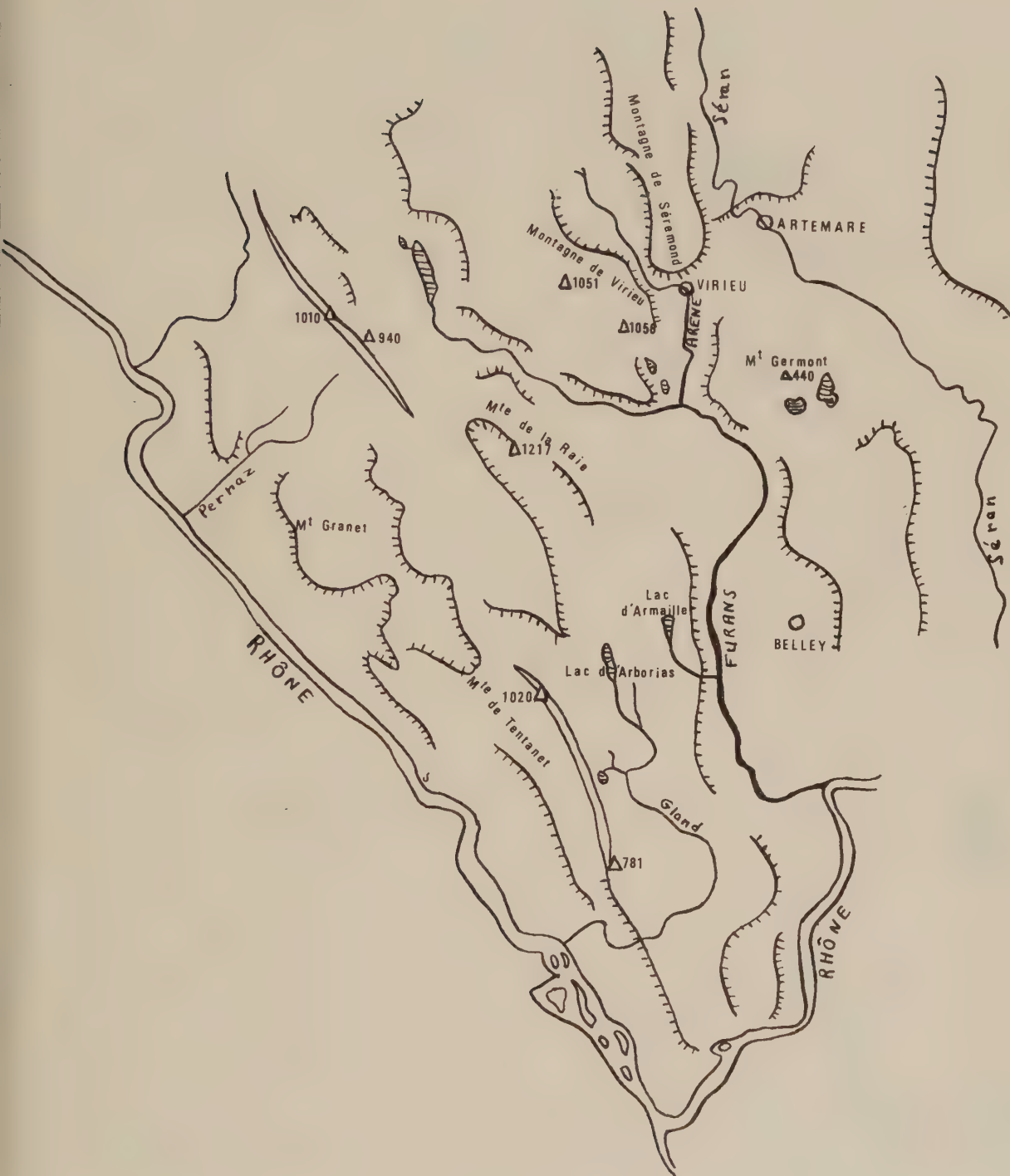


FIGURE N° 1 : Situation de l'Arène dans le Bas-Bugey.



FIGURE N° 2 :

L'Arène dans le bassin-versant
du Furans.

0 1 2 3 km



FIGURE N° 3 : L'Arène - Répartition des points de prélèvements.

I.2 - GEOLOGIE.

La géologie du bassin de l'Arène permet de voir l'influence du terrain qu'elle draine sur les composantes physiochimiques de ses eaux.

Cette géologie est étroitement liée à celle du Bas-Bugey, formé essentiellement par les dépôts - calcaires et marnes - accumulés au cours du Jurassique et du Crétacé, et recouvrant entièrement le socle cristallin primaire.

La caractéristique principale de ce bassin est l'alternance de niveaux perméables et imperméables.

Les principales séries géologiques représentées sont les suivantes :

I.2.1 - Jurassique moyen :

Le Bajocien et le Bathonien forment la majeure partie des escarpementssurplombants le bas cours.Ce sont des calcaires oolitiques, ou à entroques, avec localement quelques niveaux marneux.

I.2.2 - Jurassique supérieur :

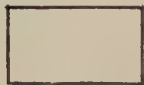
L'Argovien et l'Oxfordien, sont représentés sur les bords des escarpements du bas cours, notamment sur la rive gauche.

Le Rauracien, le Séquanien, le Kimméridgien et le Portlandien à forte dominance calcaire, forment la majeure partie de la montagne de Seremond et de la montagne de Virieu, qui dominent les deux rives du haut cours.

L E G E N D E

=====

QUATERNAIRE



- a^2 Alluvions modernes
 G^{1a} Glaciaire würmien (moraines)
 a^{1a} Alluvions antéglaciaires (rhodaniennes)

TERTIAIRE

SECONDAIRE

- Crétacé



- C^{II-III} Urgonien (calcaire blanc)

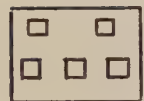


- C^{IV} Hauterivien (marno-calcaire)
 C^V Valanginien (calcaire)

- Jurassique supérieur



- J^{5-6} Virgulien (calcaire à grain fin)
 J^{7-8} Portlandien (dolomie)



- J^4 Séquanien (bancs dolomitiques)
 J^3 Rauracien (marno-calcaire)
 J^2 Argovien (marno-calcaire)
 J^{I-III} Bathonien
 J^{IV} Bajocien (calcaire marneux)

- Jurassique inférieur



- Lias (calcaire)

Les eaux issues du Jurassique supérieur sont très alcalines, riches en sels de calcium (carbonates).

Elles présentent des teneurs relativement élevées en phosphates, nitrates, provenant de contamination (naturelles ou agricoles) des territoires drainés.

I.2.3 - Quaternaire :

Des dépôts quaternaires d'origines diverses forment le lit de l'Arène inférieure.

1) Alluvions fluviatiles formées antérieurement aux glaciers composées essentiellement de graviers et de sables fins. Elles forment le lit de l'Arène dans la partie jusqu'en amont de Virieu et dans la traversée de Virieu et composent en partie la région surplombant la rive droite au delà de la voie ferrée.

2) Alluvions glaciaires sous forme de bancs morainiques, calcaires, perméables ; elles composent le principal du lit, dans la traversée de Virieu.

3) Alluvions modernes, formant tout le lit de l'Arène en aval de Virieu (marais).

4) Eboulis : ils sont présents dans le cours supérieur, notamment dans la partie où la pente s'accroît.

L'hydro-géologie de l'Arène subit donc l'influence du karst, au niveau des sources, qui est prédominante par la perméabilité qu'il confère au sol et qui favorise l'intercommunication souterraine des différentes eaux, qui sont de ce fait, des eaux dures et à teneur en nitrates relativement élevée.

I.3 - LE COURS DE L'ARENE.

D'après son profil longitudinal, l'Arène peut se décomposer en trois parties :

- 1) De la source à Pontieu (2 km environ).
- 2) De Pontieu à Virieu où la pente s'accroît (5 km).
- 3) De Virieu jusqu'au confluent avec le Furans (3,5 km).

I.3.1 - Secteur Source Pontieu :

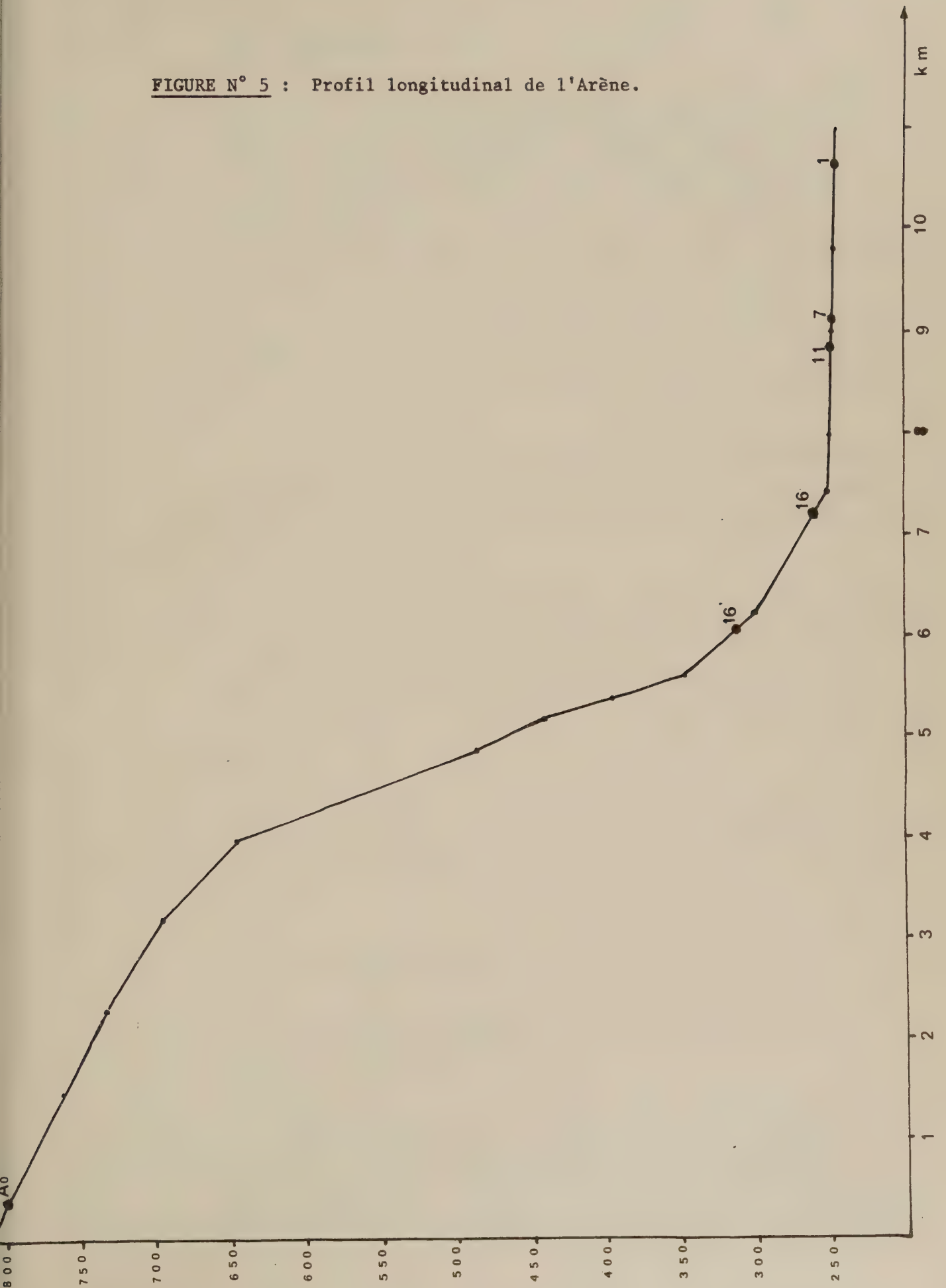
L'Arène naît à 807 m d'altitude de la confluence d'un ensemble de sources de type héliocrène, dans des prairies humides ("Lécherès et Teppes").

La pente du cours d'eau sur cette partie est d'environ 3 % et sa largeur n'excède pas 1,50 m.

I.3.2 - Secteur Pontieu-Virieu :

Le cours d'eau entre alors dans une étroite gorge synclinale qui l'amène à Virieu-le-Grand. La pente est alors très forte (10 %), et l'Arène prend un aspect torrentiel marqué. A signaler en amont de Virieu, au niveau du thalweg actuel, un tuf sableux et fossilifère surmonté de l'erratique Jurassien, recouvert lui-même par des matériaux alpins ; ce tuf contribue en majeure partie à former le lit de l'Arène.

FIGURE N° 5 : Profil longitudinal de l'Arène.



I.3.3 - Bas cours :

Après Virieu, elle s'échappe de la cluse Culoz - Ambérieu où elle paraissait s'engager pour rejoindre le Furans se frayant un chemin au sein d'une épaisse couche d'alluvions modernes. La pente est alors très faible (4 à 5 pour mille) et son cours assez large (4 à 5 m). Elle traverse alors des prairies et des vastes marais ("Le Verne") plantés de peupliers et d'aulnes. Son cours devient alors plus tortueux. Elle y reçoit sur la rive droite la Seytive, petit ruisseau d'un mètre de large et très peu profond, long d'environ 1 km et sur la rive gauche, un autre petit ruisseau qui longe la nationale 504.

La partie inférieure du cours a été sensiblement aménagée ; deux méandres importants ont été supprimés, et le marais a cédé la place à de vastes surfaces de plantations de maïs encadrés par un système de drainage.

A l'embouchure, dans le Furans, la rivière atteint 7 à 8 m de large, et le fond est très vaseux (80 cm de vase) et c'est une Arène aux eaux noirâtres qui se jette dans le Furans, les deux cours restant reconnaissables sur plusieurs centaines de mètres.

Le tracé actuel de l'Arène s'explique par son histoire géologique, laquelle est comme celle du Furans, étroitement liée à l'évolution du Rhône.

I.3.4 - Histoire de l'Arène :

La plupart des données sont puisées dans l'ouvrage de Martin (1910), le Jura méridional.

Avant les glaciations, le Rhône, puissant fleuve arrivant par Culoz, Virieu-le-Grand et Pugieu, a très certainement parcouru la cluse des Hôpitaux, d'abord dans le sens opposé à celui du Furans. Divers indices attestent ce fait : dépôt d'une

épaisse couche de graviers alpins, au nord de Virieu et la présence de galets rhodaniens typiques.

Puis à la suite d'une oscillation tectonique, le Rhône préglaciaire change de trajet à partir de Virieu, se dirigeant vers le bassin de Belley, créant une large vallée marécageuse. C'est donc cet ancien chenal du Rhône de Virieu à Pugieu qu'emprunte l'Arène dans son cours.

Cela explique la largeur démesurée de la vallée et l'épaisseur importante des alluvions sans rapport avec la taille de la rivière.

I.4 - REGIME HYDROLOGIQUE.

L'Arène présente un régime mixte, pluvionival. L'influence nivale se traduit par un maximum de fin d'hiver, début printemps (fonte des neiges) et par une légère rétention nivale (Janvier).

L'influence pluviale se manifeste par une élévation à la fin de l'automne et par un minimum en Juillet. Les mois de Juillet et d'Octobre correspondent souvent à la période d'étiage.

Remarquons les chiffres cités par MARTIN :

- eaux ordinaires : $0,650 \text{ m}^3/\text{s}$.
- étiage : $0,250 \text{ m}^3/\text{s}$.
- grandes eaux : $15,800 \text{ m}^3/\text{s}$.

I.5 - COUVERTURE VEGETALE DU BASSIN VERSANT.

I.5.1 - La végétation de la zone du cours supérieur :

Le secteur des sources, les "Léchères" ou "Teppes", présente une dominance à Carex au milieu de prairies pauvres bordées par des broussailles hautes comprenant notamment

du Buis (*Buxus Sempervirens*) caractéristique des côteaux très calcaires.

A partir de la côte 760, le cours du ruisseau est bordé sur les 2 rives d'une haie épaisse composée de taillis de frênes (*Faxinus excelsior*) et de hêtres.

Puis la rivière s'engageant dans la gorge synclinale, la couverture végétale devient très importante. Cette partie étant la jonction entre la forêt de Ravière au sud et la forêt du Fays au nord. Par endroit, le torrent disparaît à la vue, couvert par les érables, frênes et autres feuillus.

1.5.2 - Cours inférieur :

Du fait de la faible pente, on rencontre une végétation de prairie, juste en aval de Virieu. Puis après la jonction de la Seytive, une végétation de marais.

Dans la traversée de la prairie, la végétation rivulaire est à dominance de frênes, de peupliers, de saules et de noisetiers.

Dans la partie du marais, la formation la plus répandue est la roselière à *Phragmites communis*, souvent envahies de *Solidago* (Verge d'Or). Quelques taillis à souches (*Salix cinerea*) et à aulnes (*Alnus glutinosae*) sont également présents.

Mais une très grande partie de ce marais a été asséchée par tout un réseau de drainage, et a laissé place à des plantations de maïs, ce qui a provoqué la disparition sur de vastes surfaces, de nombreuses espèces végétales.

Par ailleurs l'utilisation importante de produits phytosanitaires - herbicides, fongicides, insecticides (Lindane et Zeidane) - que nécessite la monoculture du maïs, a accentué le phénomène.

En résumé, l'Arène présente deux parties distinctes :
le cours supérieur et le cours inférieur, séparés par Virieu-
le-Grand et qui possèdent un type morphologique et un environ-
nement très différents, mais possèdent tous deux des eaux
dures et fortement minéralisées.

---o0o---

C H A P I T R E I I

=====

COMPOSANTES ABIOTIQUES - LE MILIEU INERTE

Afin de pouvoir réaliser l'étude hydrobiologique de l'Arène et poser le problème des caractéristiques chimiques de ses eaux, des prélèvements et des mesures physico-chimiques ont été effectués dans un certain nombre de stations. Celles-ci furent choisies de façon telle qu'elles soient représentatives de différents secteurs, ou qu'elles permettent de constater les effets d'un rejet polluant (figure n° 3).

Vingt stations furent d'abord choisies, et leur morphologie reconnue. Des mesures physico-chimiques furent effectuées (en mars 1973) sur 14 d'entre elles ; puis 10 stations furent sélectionnées, en fonction de la situation du rejet de l'égoût de Virieu et de l'effluent de la salaisonnerie industrielle Reybier (Nov. 73).

Pour chaque station ont été notés :

- . l'altitude,
- . la profondeur,
- . la largeur du cours,
- . la vitesse du courant,
- . la température, le type morphodynamique et la nature du substrat.

La faune benthique fut répertoriée sur 5 des principales stations en amont et en aval des sources de pollution.

Sur chaque station ont été choisis trois faciès selon la nature du fond et la vitesse du courant.

La nature du fond est indiquée selon le caractère dominant du substrat minéral :

- blocs (> 30 cm)
 - cailloux (5 - 10 cm)
 - sables
 - sables détritiques (s. dét.)
 - vase.
- } Incrustés ou non de calcaire (incrust.)

L'un des objectifs essentiels de l'hydrologie a été de dégager un certain nombre de caractères morphologiques et physico-chimiques du milieu aquatique d'eaux courantes, afin de pouvoir soumettre à l'analyse un certain nombre de données précises permettant d'apprécier l'évolution des variations de certains paramètres de l'amont vers l'aval, depuis la source jusqu'à l'embouchure d'un cours d'eau.

Les valeurs numériques obtenues sont cependant parfois délicates à interpréter car l'étude rationnelle d'un cours d'eau nécessite des moyens techniques importants et la connaissance du milieu est encore très fragmentaire. Car le milieu n'est pas seulement la juxtaposition de composantes, mais aussi la résultante de leurs interactions, et cette connaissance synthétique du milieu est le but vers lequel il faut tendre lors d'une étude hydrobiologique.

II.1 - COMPOSANTES MORPHODYNAMIQUES ET THERMIQUES.

II.1.1 - Pente (figure n°5)

Les altitudes sont portées en ordonnées et les distances à la source en abscisses. Nous obtenons ainsi le profil longitudinal du cours d'eau.

Le cours supérieur présente un profil torrentiel avec une pente dépassant par endroit 10 %. Ce facteur explique la pauvreté de la faune dans cette partie.

Le cours inférieur, en aval de Virieu, devient très plat. De ce fait, le cours d'eau s'élargit et devient plus profond, il permet la sédimentation des alluvions et l'envasement du lit.

II.1.2 - Largeur et profondeur du cours :

Dans le tableau I ont été notés ces deux paramètres pour chacune des stations. La profondeur étant mesurée au milieu du cours.

Parmi les différentes classifications morphométriques des différents cours d'eau proposées par les hydrobiologistes, nous avons adopté celle proposée par VERNEAU (1969) :

<u>Terminologie</u>	<u>Largeur indicative</u>
- sources vraies (eucrénon)	variable
- ruisselets de sources (hypocrénon)	< 1 m
- ruisseaux, petits torrents (épirhithron)	de 1 à 5 m
- petites rivières, torrents importants (métarhithron)	de 5 à 20 m
- rivière moyenne de basse montagne (hyporhithron)	de 20 à 50 m
- cours moyens de plaine (épipotamon)	de 50 à 100 m
- cours inférieur de grandes rivières et fleuves (métapotamon)	> 100 m

L'Arène entre donc dans la catégorie des ruisseaux ou petits torrents (épirhithron).

MORPHOLOGIE DES STATIONS
+=====+

STATIONS	ALTITUDE (m)	LARGEUR (m)	PROFONDEUR (cm)	NATURE DU FOND			VITESSE (cm/s)		
				a	b	c	a	b	c
A0	807	1,5	15	cailloux S. dét.			37		
16'	310	3	20	cailloux S. dét. Incrus.	S. dét.		32	23	59
16	265	2,5	25	cailloux S. dét.	cailloux S. dét.	blocs vase	64	101	152
10	247	1,5	30	cailloux sable			32		
8	246	1,5	25	cailloux sable	sable vase	vase	36		
7	246	3,5	25	gravier sable	sable S. dét.	vase	59	50	66
1	245	4,5	70	vase	vase	vase	45		

T A B L E A U I

II.1.3 - Nature des fonds :

Ce paramètre est destiné à donner une image de la composition du substrat. Celui-ci varie en fonction de la pente et de la vitesse du courant.

Des relations existent d'ailleurs entre cette nature du fond et la profondeur du lit.

Très important, ce paramètre permet l'appréciation de "l'habitabilité" des différents substrats. En effet entre ce substrat et la pleine eau existe une zone de transition dans laquelle la vitesse du courant diminue pour devenir nulle au niveau du substrat. C'est la "couche limite".

Elle permet aux êtres vivants d'y trouver des conditions différentes de celles de la pleine eau notamment un abri, à la faveur de la rugosité du fond. L'épaisseur de cette couche limite augmente lorsque la vitesse du courant diminue.

Pour toutes ces raisons (vitesses du courant - aspérités - rugosités) l'habitabilité des divers supports est très variable. Mais l'appréciation de ce paramètre reste assez grossière, du fait de la nature composite du substrat. En particulier, le taux de matières organiques dans les sédiments modifie la densité et la diversité de nombreux invertébrés.

Nous pouvons prendre le code suivant pour apprécier l'habitabilité croissante des supports.

- 1) marnes - argiles compactes,
- 2) roches - dalles
- 3) vase - limons
- 4) débris végétaux - humus
- 5) sables.
- 6) tufs
- 7) graviers - gravelles
- 8) cailloux - galets
- 9) blocs - pierres.

Il convient d'examiner également le substrat végétal, qui présente très souvent une habitation dense. Il constitue à la fois un support, un abri et une source de nourriture.

Cours supérieur :

On rencontre une formation spéciale : des dalles massives, uniformes, dues à l'agglomération de concrétions calcaires. L'eau y coule très rapidement en une mince lame.

Du point de vue biologique (végétaux inférieurs, faune) elles forment un milieu très typé : "milieu fluicole" (VAILLANT 1956), homogène et peu habité.

Cours inférieur :

En aval de Virieu, la présence de cailloux et de blocs provoque des ruptures de pentes localisées favorisant l'augmentation de la vitesse du courant.

Dans les marais, la présence de sables détritiques entrecoupé par endroit de vastes surfaces de petits galets où l'eau coule très rapidement, et où il est fréquent de rencontrer des frayères à truites.

Après avoir reçu le ruisseau recevant l'effluent de la salaisonnerie, l'Arène subit un envasement progressif et très important de son cours (jusqu'à 80 cm de vase en l).

Ce ruisseau dont le fond est formé de graviers et de sables subit l'influence du rejet ; en aval de celui-ci, le fond sableux disparaît sous cette vase formée par l'arrivée importante de matière organique.

Nous constatons donc que le substrat de l'Arène ne favorise pas la multiplicité des biotopes et que l'envasement progressif du lit accentue cette homogénéisation. C'est là, un des traits qui la différencie du Furans, au milieu très hétérogène (cf. thèse Doctorat Vétérinaire Gérard KECK 1975).

II.1.4 - Vitesse du courant :

Comme nous l'avons déjà signalé, elle est fonction de la pente, de la profondeur, la largeur du cours, et surtout de la présence de variations locales du substrat du lit.

Elle a un rôle dans la microrépartition des biotopes : elle est le facteur prépondérant concernant l'épaisseur de la couche limite, le transport des particules alimentaires. Le brassage créé augmente l'absorption d'oxygène.

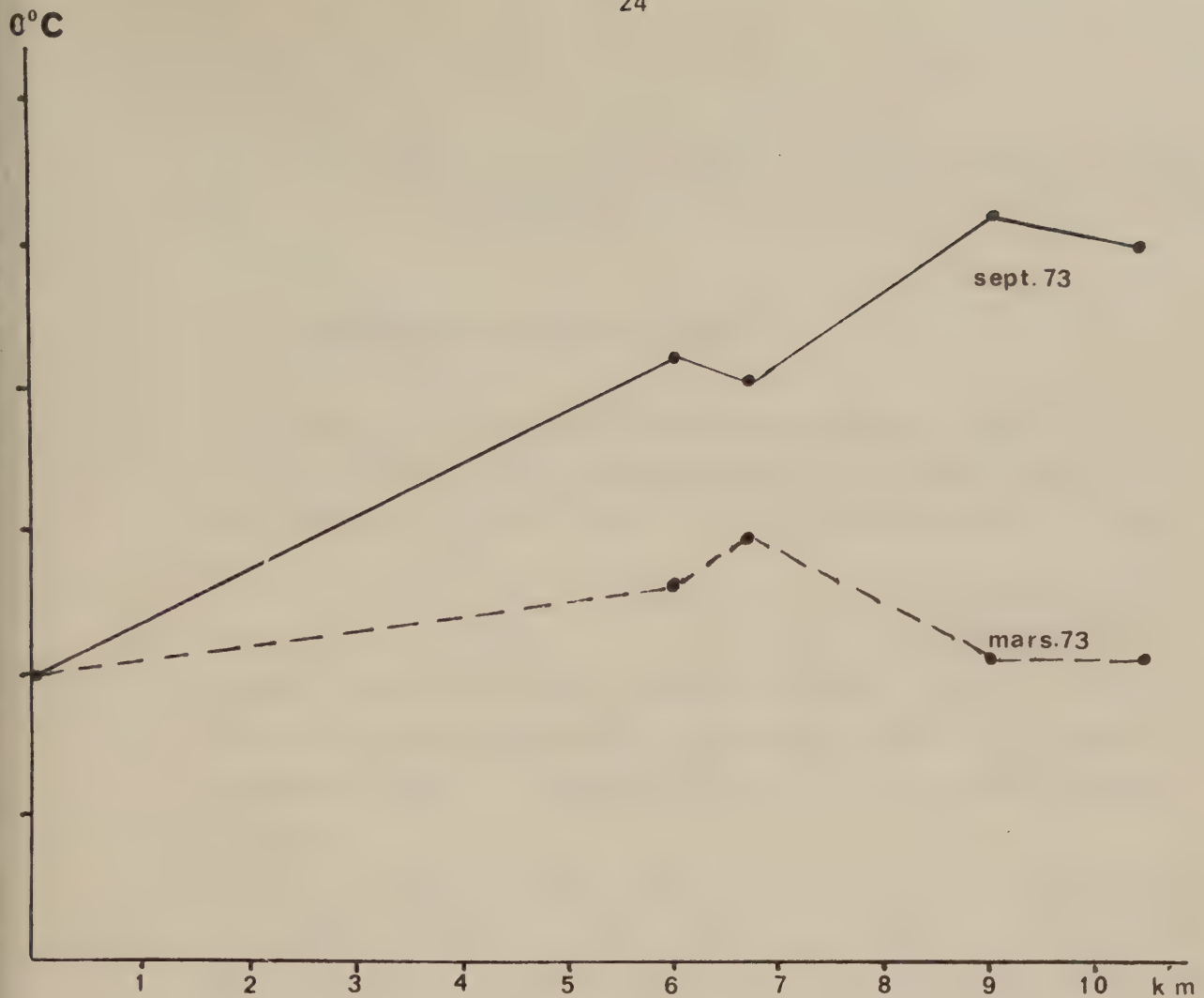
Elle fut mesurée à l'aide d'un micromoulinet OTT, placé juste au dessous de la surface (voir tableau I).

II.1.5 - Température :

Ce facteur écologique est important en raison de son rôle physiologique, de son caractère sélectif dans la biologie et la répartition des espèces animales.

Pour l'Arène, ces températures furent relevées en mars 1973 et en septembre 1973, correspondant aux précipitations maximales d'hiver et minimales d'automne.

	Ao	16'	16	10	8	7	1
Septembre 73	6°	8°3	8°	8°	9°2	9°2	9°
Mars 73	6°	6°5	7°	8°5	8°	6°	6°



L'amplitude thermique est donc faible ne dépassant pas 3°. Ceci est dû aux nombreuses sources froides reçues dans le cours inférieur et à la vitesse relativement importante du courant qui existe encore dans le cours inférieur et qui empêche le réchauffement de l'eau.

Ce régime thermique très régulier joue un rôle dans la distribution des espèces et favorise notamment la présence des espèces sténothermes. En effet la teneur en oxygène dissous dans l'eau est fonction de sa température et cet oxygène est consommé d'autant plus rapidement que la température est élevée (cf. chapitre II.2.6).

D'autre part, la fraîcheur constante de la rivière permet une antéopuration relativement uniforme tout le long de l'année.

II.2 - COMPOSANTES PHYSICO-CHIMIQUES.

Les différents paramètres physico-chimiques peuvent être divisés en deux parties, correspondant très schématiquement aux phénomènes de "minéralisation" et de "d'eutrophisation" de l'eau.

"La minéralisation" se traduit par différents paramètres : pH, teneur en ions minéraux. Le calcium joue un rôle prépondérant. Sa présence est fonction de la géologie du bassin versant. Si des roches telles que du calcaire, de la craie ou des marnes sont lessivées, l'eau est riche en calcium. On dit que l'eau est dure.

Il se forme du bicarbonate de calcium (soluble) qui neutralise tout apport à partir des sols acides et contribue à maintenir l'eau alcaline. Il peut s'agir également de bicarbonate de magnésium et de potassium. Le degré de dureté d'une eau est un facteur important dans la nature des peuplements d'un cours d'eau.

Certaines espèces (calcicoles) vivent dans les eaux dures et d'autres (calcifuges) dans les eaux douces.

"L'eutrophisation" correspond à la teneur en matières organiques dissoutes, sous forme de sels organiques en suspension, que traduisent les mesures de DCO et DBO.

Ce sont des valeurs concernant ce phénomène, qui traduisent le mieux les modifications physico-chimiques lors de pollution organique. Il faut, à ce sujet, distinguer le phénomène d' "eutrophisation naturelle" et ce qu'on appelle, peut être un peu à tort "l'eutrophisation artificielle". L'eutrophisation naturelle correspond au vieillissement d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau par accumulation

de matières organiques ; cette évolution s'observe dans le temps et dans l'espace (de l'amont vers l'aval) : évolution physiographique ou âge d'un cours d'eau. L'eutrophisation artificielle est la conséquence d'apport en matières organiques d'origine domestique ou industrielle. Il est donc difficile d'évaluer la part des modifications correspondant à l'un ou l'autre de ces phénomènes.

Les matières organiques sont puisées sous forme de nitrates par les organismes photosynthétiques. Un certain nombre de réactions d'échanges s'établissent entre les différentes formes d'Azote. Ce sont des réactions à la fois chimiques ($\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- - 18000 \text{ cal.}$) et biochimiques ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_2^- \rightarrow \text{NH}_2 \rightarrow \text{NH}_4^+$). Les premières sont importantes, car elles consomment beaucoup d'oxygène et d'énergie. C'est là une des principales manifestations de la pollution par les dépôts de matières organiques sur le lit d'une rivière.

Les analyses ont été effectuées dans 14 stations en Mars 1973 : furent mesurés l'oxygène dissous, DCO, DBO, pH et conductivité (Tableau II).

En Novembre 1973, 10 stations furent sélectionnées et aux analyses précédentes furent ajoutées la teneur en nitrates - chlorures - et nitrites. Par ailleurs en vue d'apprécier l'effet du rejet de la salaisonnerie industrielle, les prélèvements dans la station 8 bis et 9 furent effectués à 15 h 30 et 18 h (Tableau III).

Toutes ces analyses ont été effectuées par les services du Laboratoire d'Hygiène Appliquée de l'Institut Pasteur de Lyon (Dr. VIAL).

II.2.1 - pH :

Nous constatons d'après la courbe et le tableau, que celui-ci reste assez constant sur le cours, variant selon la saison entre 7,8 et 8,2. Nous constatons une baisse sensible au point 16, juste en aval de l'égoût de Virieu.

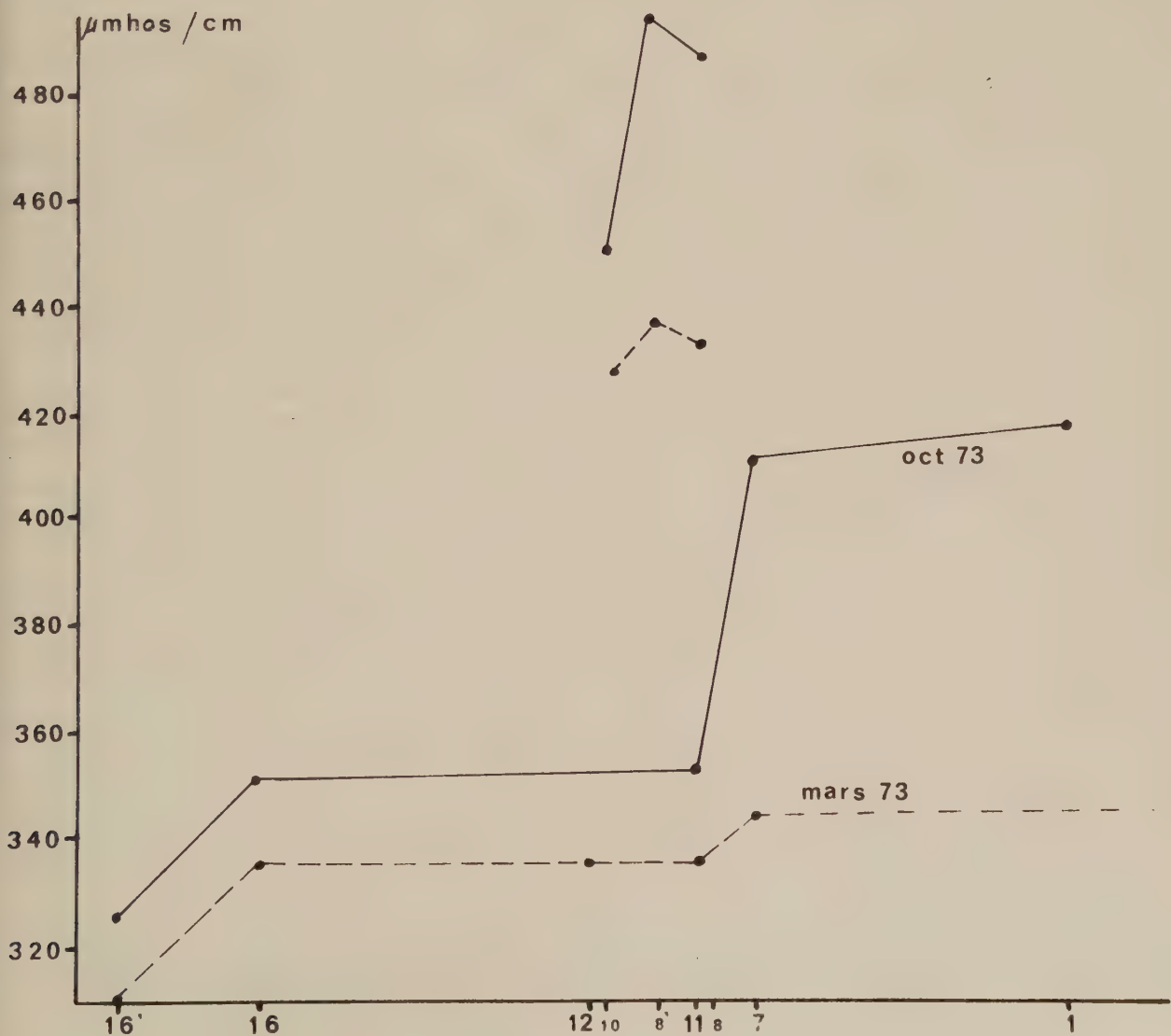
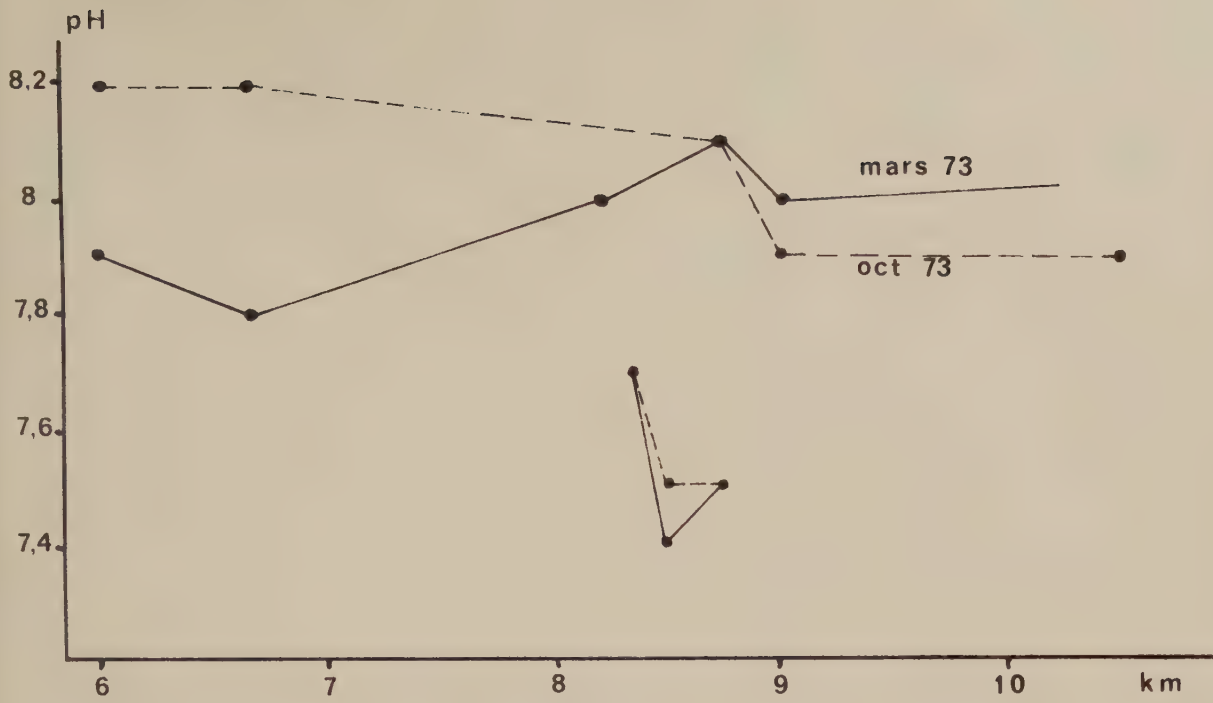
COMPOSANTES PHYSICO-CHIMIQUES - le 5 / 03 / 1973
+=====+

STATIONS	OXYGENE mg/l	D C O mg/l	D B O 5 mg/l	pH	CONDUCTIVITE en µm hos/cm
10	8,2	22	1	7,7	428
9	6,3	24	5	7,5	532
8'	8,3	24	1	7,4	438
8	8,5	18	1	7,5	435
7	10,8	24	3	8	346
11	10,8	26	3	8,1	335
12	10	26	4	8	335
16	10,7	70	5	7,8	335
Egoût	7,8	161	37	7,2	468
16'	9,5	26	1	7,9	310
17	9,1	31	1	7,6	445
18	9,3	16	1	7,7	432
19	8,7	18	2	7,4	425
20	8,8	20	1	7,6	435

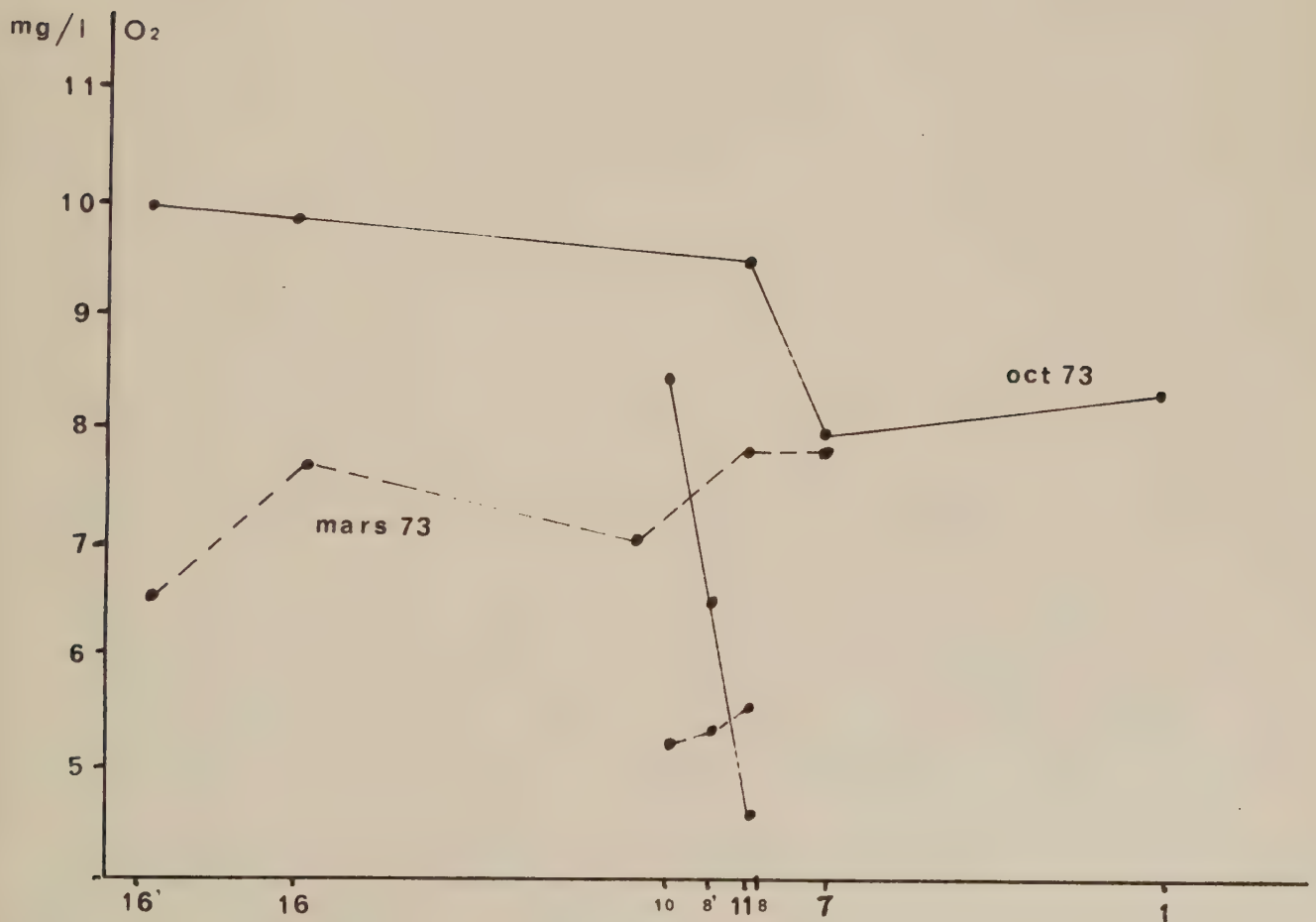
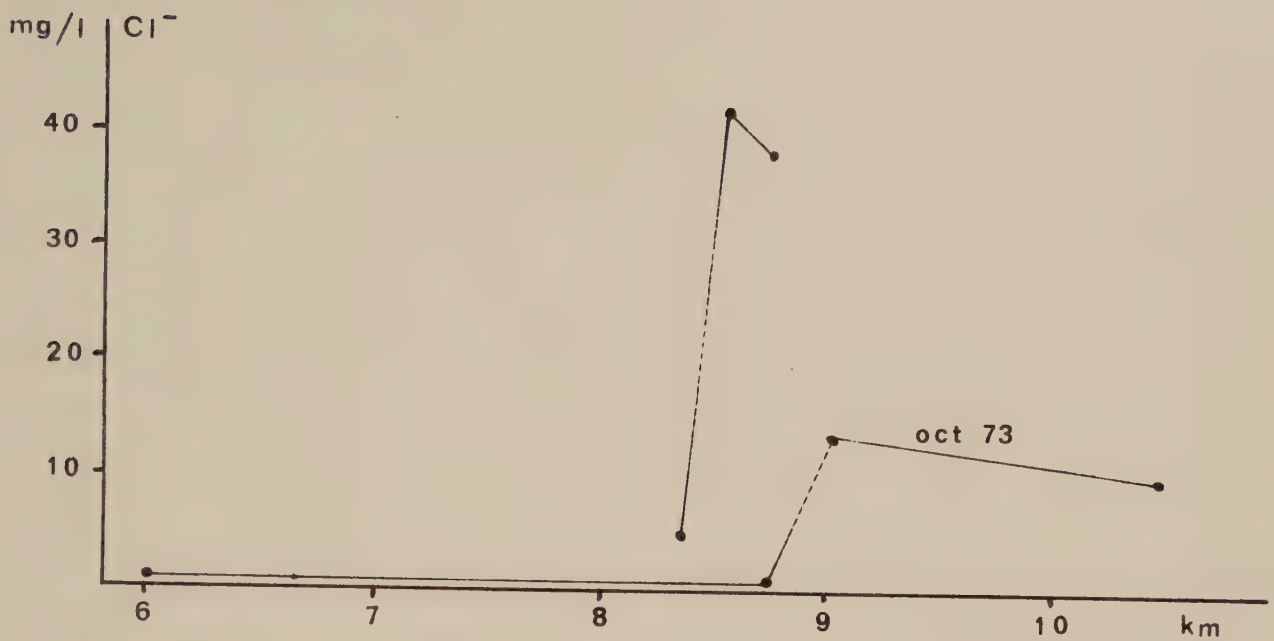
T A B L E A U I I

STATIONS	Oxygène	D C O	D B O	pH	Conductivité	Nitrates	Chlorures	Nitrites
10	8,4	2	1	7,7	450	3,9	5	0
9 (15 h)	1,8	129	28	7,4	1200	3,9	125	0,475
9 (18 h)	3,1	283	30	7,5	2875	3	815	0
8' (15 h)	6,4	16	4	7,5	545	3,6	42	0,16
8 (18 h)	6,1	25	8	7,5	600	3	50	0,17
8	4,5	7	2	7,5	540	3,6	37,5	0,20
7	8	11	4	7,9	410	2,4	14	0,25
1	8,3	6	4	7,9	415	3,6	10	0,33
11	9,6	17	5	8,1	350	2	< 2	0,21
16	9,9	20	7	8,2	350	< 2	< 2	0,08
Egoût	5,4	144	30	7,5	2	< 2	15	0
16'	10	2	1	8,2	325	< 2	< 2	0

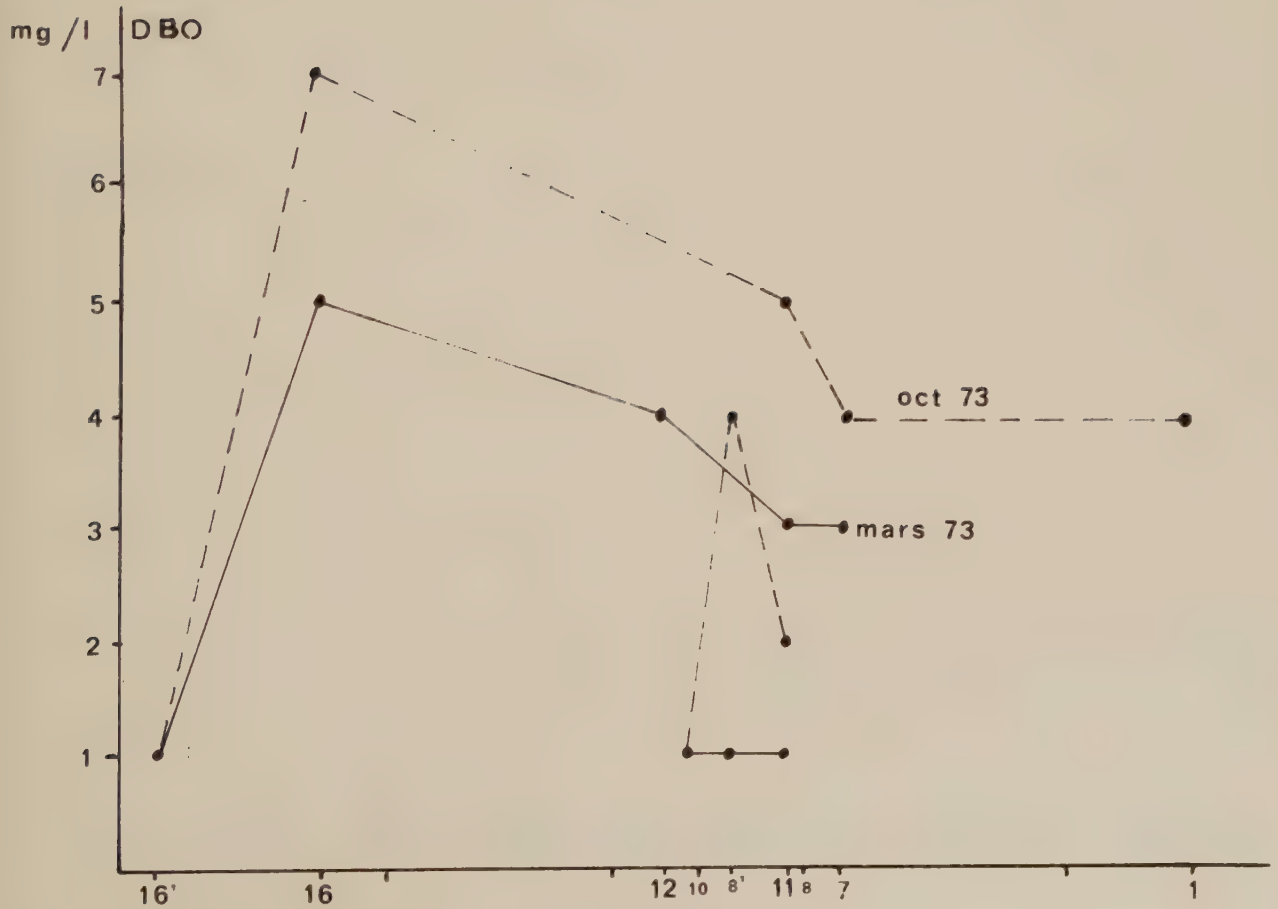
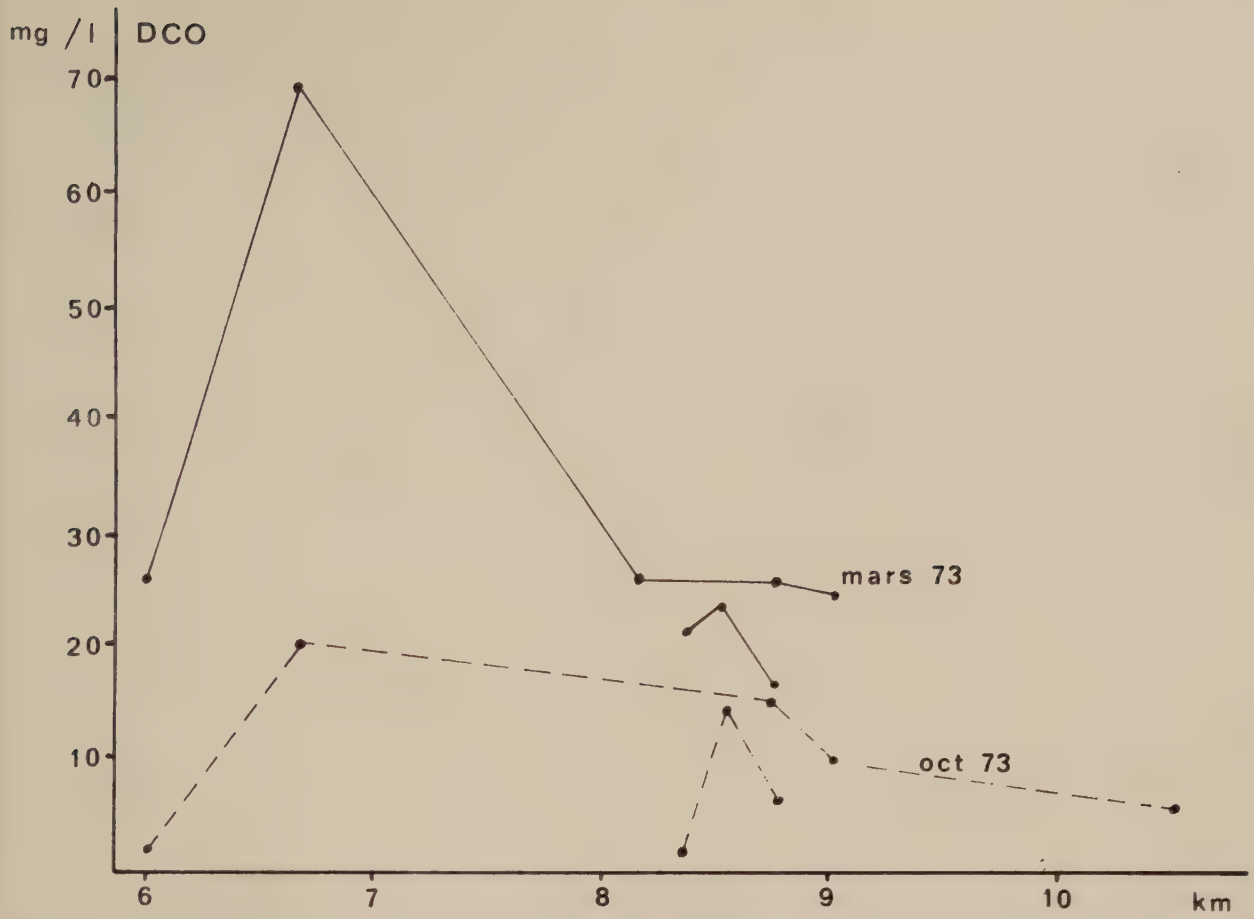
T A B L E A U I I I



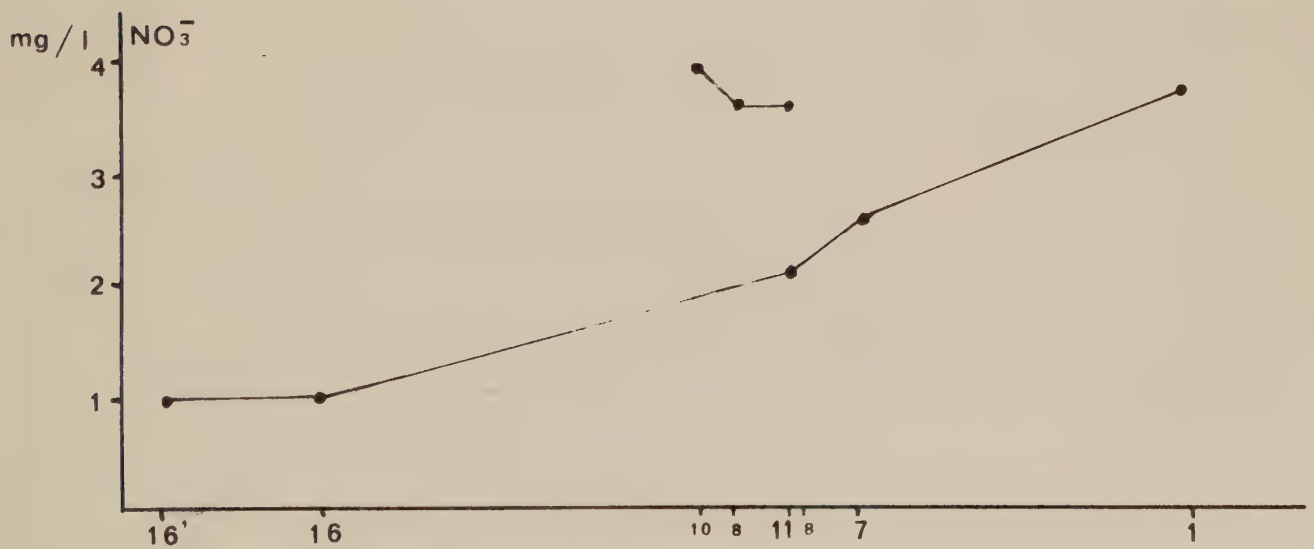
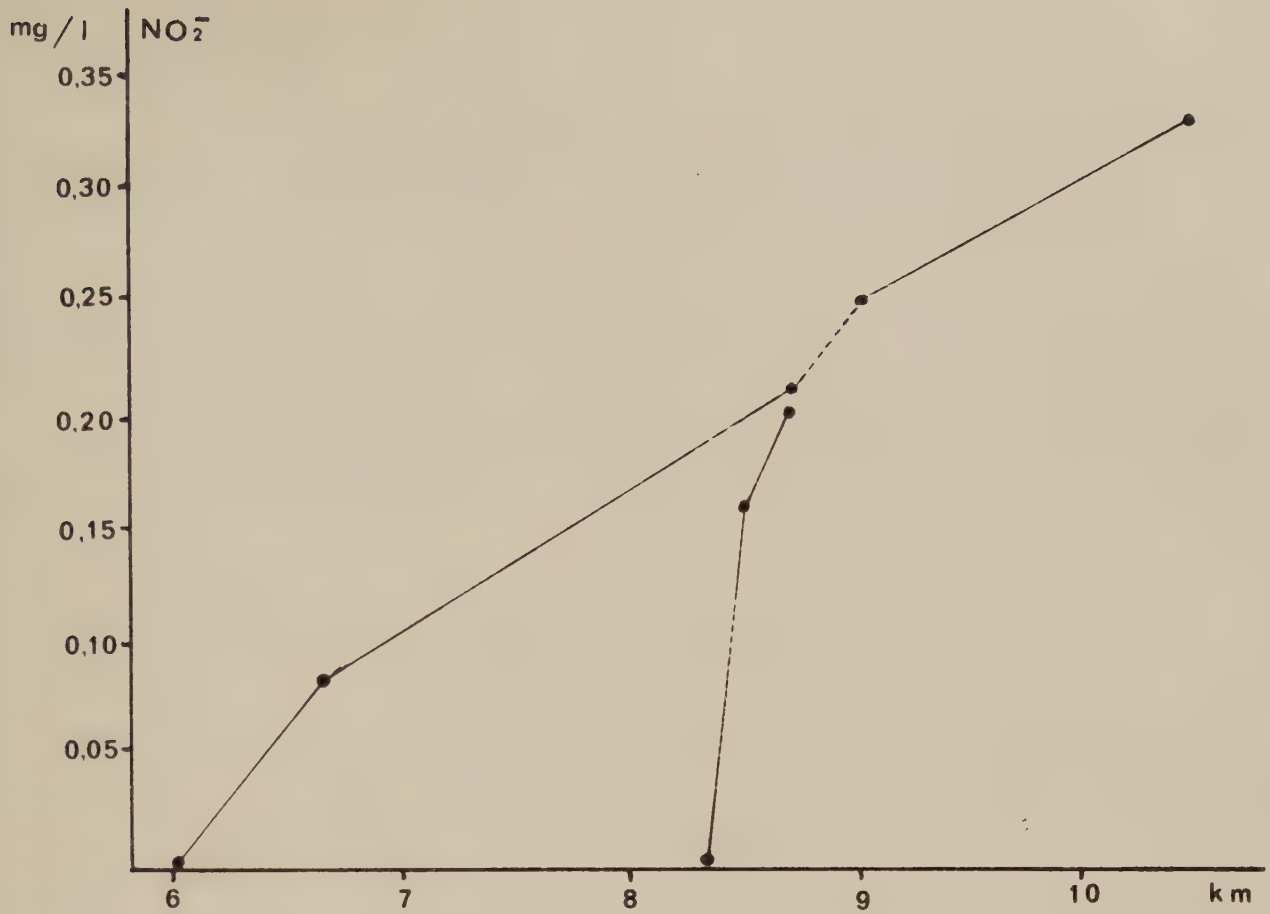
① Profil physico-chimique de l'Arène - pH - conductivité.



② Profil physico-chimique de l'Arène Chlorures - Oxygène.



③ Profil physico-chimique de l'Arène - D B O - D C O.



④ Profil physico-chimique de l'Arène - Nitrites - Nitrates.

D'autre part, le ruisseau, après avoir reçu l'effluent de la salaisonnerie, subit également une baisse qui se représente dans l'Arène après le confluent (point 7).

Il semble donc que la solution "tampon" résultante de l'ensemble des réactions du système H_2O - carbonates insolubles - CO_2 dissous - bicarbonate soluble, subisse une influence après ces rejets, qui provoque dans les deux cas une légère acidification qui reste constante dans le cours en aval.

II.2.2 - Conductivité électrique :

Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, et est une indication du degré de minéralisation d'une eau. Elle est exprimée en $\mu mhos/cm$.

Les eaux de l'Arène sont fortement minéralisées, leur conductivité variant de 310 à 420 $\mu mhos/cm$. Nous remarquons en période de basses eaux, une augmentation de ce paramètre, dû à la concentration des minéraux.

Les deux rejets polluants, déjà cités, provoquent également une forte élévation.

II.2.3 - Teneur en chlorures (Cl^-) :

Elle s'exprime en mg/l d'anion Cl^- .

Depuis l'aval de Virieu jusqu'à la station 11, la teneur reste faible et inférieure à 2 mg/l.

Mais brusquement au point 7, en aval du confluent avec le ruisseau, nous atteignons 14 mg/l et 10 mg/l au confluent avec le Furans.

Cette brusque élévation provient de l'apport de la salaisonnerie. Son effluent montre un taux de 125 mg/l à 15 h et un taux de 815 mg/l à 18 h, heure supposée de nettoyage des cuves à saumure de cette usine. Le ruisseau qui le reçoit passe alors de 5 à 42 mg/l à 15 h et de 5 à 50 mg/l à 18 h.

C'est une des principales manifestations physico-chimiques de la pollution de cette salaisonnerie.

II.2.4 - Teneur en nitrates (NO_3^-) :

Elle dépend des conditions du bassin de drainage. Les nitrates sont nécessaires, ainsi que les phosphates, à la croissance des végétaux. Ils proviennent de la décomposition de la matière organique, et surtout du lessivage des sols et des rochers du bassin de drainage.

L'azote organique, en provenance des protéines animales et végétales, est transformé en composés ammoniacaux (NH_4^+), en nitrites puis en nitrates, sous l'influence de bactéries, suivant le phénomène bien connu de la nitrification.

La teneur en nitrates varie donc selon le bassin de 1 à 15 mg/l et une concentration de 2 à 3 mg/l peut être considérée comme normale.

Nous constatons dans l'Arène que la teneur en nitrates suit le phénomène d'eutrophisation, et augmente légèrement jusqu'à la station 11 (2 mg/l). L'égoût de Virieu ne semble pas avoir d'influence.

Par contre, une élévation a lieu dès le point 7. En effet, le ruisseau, dès sa source a une teneur plus élevée que l'Arène (3,9 mg) et égale à celle de l'effluent de la salaisonnerie. Il semble que la couverture végétale et surtout le drainage du marais qu'il reçoit en soit la cause.

D'ailleurs l'Arène semble subir la même influence, car de 2,4 mg/l au point 7, la traversée du marais associée à l'envasement du fond, nous amène à une teneur de 3,6 mg/l au confluent avec le Furans.

II.2.5 - Teneur en nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites sont absents dans le cours supérieur. Ce n'est qu'en aval de Virieu qu'ils deviennent décelables (0,08 mg/l à la station 16).

Cette présence de nitrites peut signer une anomalie dans le métabolisme de l'azote ; elle est considérée généralement comme l'indice d'un milieu insuffisamment oxydant.

La concentration atteint des valeurs critiques plus en aval, augmentée encore par l'effluent de la salaisonnerie : l'augmentation progressive le long du cours indique nettement une disproportion entre la charge organique et le pouvoir oxydant du cours d'eau.

II.2.6 - Teneur en oxygène dissous :

Les eaux courantes sont généralement bien oxygénées par rapport aux eaux stagnantes. Des variations peuvent toutefois se produire par la suite d'influences diverses.

Tout d'abord, la quantité d'oxygène dissous dans l'eau diminue quand la température augmente. Un pourcentage de saturation à 100 % est atteint pour 14 mg/l à 0° C et pour 9 mg/l à 20° C. Cet oxygène est utilisé par les êtres vivants d'autant plus rapidement que la température est élevée.

Il y a donc une tendance à l'épuisement de l'oxygène dans certaines rivières en été. Le renouvellement de cet oxygène est assuré par les échanges avec l'atmosphère favorisés par le brassage de l'eau (rupture de pente), par l'activité photosynthétique des végétaux verts.

C'est un facteur limitant à l'égard des organismes aquatiques. Chez les poissons notamment, citons les deux valeurs limites suivantes :

- pour les Cyprinidés : 5 mg/l
- pour les Salmonidés : 7 mg/l.

D'autre part la dégradation de la matière organique, qui se réalise en grande partie par des réactions d'oxydation, consomme une grande quantité d'oxygène.

Dans l'Arène, le taux reste bon en période de hautes eaux (mars 73): entre 9,5 et 10,8 mg/l ; le brassage, dû au courant assez fort et la température toujours basse de l'eau, semble en être la cause.

Le ruisseau à cette époque, comprend alors entre 8 et 9 mg/l d'oxygène dissous.

Par contre en période de basses eaux (nov. 73), on constate une diminution faible, mais progressive de ce taux, jusqu'à la station 11 (9,6 mg/l) puis une chute brutale en aval du confluent avec le ruisseau. En effet, celui-ci a une teneur très faible (entre 6 et 6,5 mg/l) après avoir reçu l'effluent de la salaisonnerie.

La matière organique constituée par la vase du fond se retrouve dans l'Arène en aval et est responsable de cette baisse.

Cependant, le taux de 8 mg/l de l'Arène, quoique faible, permet néanmoins en hiver le maintien d'une faune piscicole relativement dense (voir Chapitre III).

II.2.7 - DBO 5 à 20° C :

La demande biochimique en oxygène est sensiblement proportionnelle à la teneur de l'eau en matières organiques biodégradables et théoriquement à la quantité de microorganismes vivants (microfaune et surtout microflore : algues cellulaires, bactéries . . .) qui assurent l'épuration naturelle des eaux.

La DBO 5 mesure donc la quantité d'oxygène dissous consommée par les microorganismes, pour assumer la dégradation des matières organiques en suspension en un temps de 5 jours, dans des conditions bien fixées.

Dans l'Arène, on note une forte augmentation en aval de l'égoût de Virieu. En effet l'égoût rejette une eau à DBO variant de 30 à 40. Dans l'Arène, elle passe alors de 1 à 5 en Mars et de 1 à 7 en Octobre (basses eaux). La salaisonnerie industrielle a également un effet plus important en basses eaux. En effet, la DBO reste constante dans le ruisseau (1 mg/l), en mars, mais atteint des valeurs de 4 mg/l et même 8 mg/l à 18 h en aval du rejet au mois d'octobre.

Jusqu'au confluent avec le Furans, elle reste alors stable, mais assez élevée (4 mg/l) ; ceci s'explique par la décantation très importante dans le ruisseau (30 cm de vase) et dans la partie de l'Arène, juste en aval. Le courant y est lent et régulier et donc le langage des matières organiques vers l'aval se fait de façon progressive.

Remarque : Il convient avec VERNEAUX (1974) et d'autres auteurs d'observer une certaine prudence envers ce paramètre. En effet la DBO peut être fortement inhibée par la présence de composés toxiques (détergents, métaux micropolluants de

synthèses), notamment les produits phytosanitaires utilisés dans la monoculture du maïs (dont la densité est très forte aux abords de l'Arène).

II.2.8 - DCO :

La demande chimique en oxygène correspond à l'oxydabilité au bicromate de potassium en milieu sulfurique, à l'ébullition durant deux heures. Utilisée surtout dans le cas d'effluents industriels pour le dosage de substances réductrices, elle peut s'appliquer aux eaux naturelles. Elle permet l'estimation de la concentration en matières organiques, toutes réductrices, par évaluation de la quantité d'oxygène qu'elles enlèvent à un oxydant, le bichromate de potassium.

Dans l'Arène, la courbe de la DCO suit celle de la DBO, mais avec des amplitudes plus importantes. En effet, le rejet de l'égoût (à DCO 161 en mars et 144 en octobre) porte les eaux de l'Arène en aval à 70 en mars et 20 en octobre.

La station 7 montre une DCO de 24 en mars et 11 en octobre.

En résumé : les caractéristiques physicochimiques de l'Arène sont en ce qui concerne la minéralisation, représentatives d'un cours d'eau, en pays calcaire, sensiblement identiques à celles observées dans le Furans (Gérard KECH 1975).

Dans le cours inférieur, les eaux très riches en éléments organiques indiquent un cours d'eau subissant une "eutrophisation artificielle" ou "pollution". Ces deux rejets polluants modifient sensiblement toutes les composantes en aval de ceux-ci. Il est à remarquer la stabilisation de la DBO et de la DCO en descendant vers le confluent, qui restent malgré tout dans des taux assez élevés.

Ce phénomène s'accompagne d'un certain nombre d'anomalies métaboliques : élévation des nitrates, nitrites et chlorures après le rejet du ruisseau.

Cette richesse en matières organiques et en ses produits de dégradation a une incidence sur la nature des peuplements benthiques (cf. chapitre III). Cette charge qui est maximale dans le ruisseau se déplace lentement vers l'aval sous l'influence du courant et il est à craindre que à partir d'un certain seuil, la teneur en oxygène dissous soit insuffisante - notamment au minimum des eaux du mois de Juillet - et soit néfaste à la faune piscicole (Salmonidés) de l'Arène, qui est très exigeante en oxygène.

---oOo---

C H A P I T R E I I I

=====

COMPOSANTES BIOTIQUES DU MILIEU :

LE MILIEU VIVANT

=====

Les analyses physico-chimiques se sont avérées insuffisantes lors de l'étude d'un cours d'eau ; en effet, elles ne permettent qu'une représentation assez grossière et très ponctuelle dans le temps et dans l'espace du milieu des eaux courantes.

L'analyse du milieu vivant permet de porter un diagnostic plus précis sur "l'état de santé" du cours d'eau. La faune des invertébrés benthiques qui peuplent le fond des cours d'eau est l'élément principal de cette diagnose : en effet, ils sont en général plus caractéristiques de biotopes particuliers que ne le sont la végétation aquatique et la faune piscicole.

L'étude de ce milieu vivant a été faite dans l'Arène dans quatre stations (A0, 16', 16 et 7) représentatives de biotopes différents.

III.1 - VEGETATION AQUATIQUE MACROPHYTIQUE.

La connaissance de la composition des groupements végétaux constitue un élément utile dans la diagnose écologique. En effet, de par ses relations avec le milieu inerte et avec la faune benthique, la végétation aquatique joue un rôle important dans la biologie d'un cours d'eau.

Il existe dans l'Arène deux faciès particuliers :

Station 16' : dalles de tuf calcaire uniforme

- *Nostoc* sp. (Cyanophycée)
- Muscinées incrustantes.

Ce faciès de type fluicole (VAILLANT 1972) constitue un biotope assez pauvre, mais bien typé.

Station 16 : Nous assistons à une grande modification de la flore . En amont de l'égoût se trouve une population maigre de Fontinales. En aval, à la suite des apports massifs en matières organiques, la végétation prend un grand développement : densité plus grande en Fontinales et surtout très grand développement d'algues du genre *Cladophora* (*Cladophora* gr. *glomerata* et gr. *cladophora*).

En période de basses eaux, la concentration des éléments organiques en suspension et dissous augmente ; il se produit alors une prolifération des végétaux inférieurs : des bactéries filamenteuses ("queues d'agneau"), *Sphaerophilus*, sont fixées en longues trainées sur les touffes de Fontinales ; diverses espèces d'algues se développent également : *Chaetophora*, *Vaucheria* et surtout *Cladophora*, dont l'abondance est liée à la forte charge en matières organiques. En aval du rejet de la salaisonnerie seul *Sium* est présent, sur un fond de vase.

Nous constatons donc que le nombre d'espèces rencontrées dans l'Arène est restreint et qu'elles ne sont pas représentées tout le long du cours.

III.1.1 - Relations avec le milieu physico-chimique :

Les conditions générales du développement végétal sont inégalement satisfaites dans les cours d'eau.

L'absorption des sels minéraux s'accomplit principalement à partir de l'eau, les racines ne jouant le plus souvent qu'un rôle de fixation.

Quand la végétation est importante et les conditions favorables (luminosité importante, augmentation de température), les effets de la photosynthèse peuvent modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau : sursaturation en oxygène, augmentation du pH, par libération de CO_2 . L'alcalinité provoquée permet alors à la couverture végétale de rester abondante et variée. La photosynthèse n'est pas alors limitée par des concentrations décroissantes de CO_2 libre et peut alors atteindre des valeurs maximales, notamment si, comme c'est le cas dans l'Arène, le pH reste inférieur à 8.

Ce phénomène explique en partie pourquoi en aval des sources de pollution de l'Arène, où la végétation est la plus importante, une certaine autoépuration s'opère et la faune piscicole est assez dense (Chapitre III.3).

En effet, en période de hautes eaux, la teneur en oxygène et le pH restent bons.

Par contre, quand les eaux sont basses, la matière organique importante en suspension dans l'eau consomme une plus grande partie de l'oxygène dissous pour sa dégradation ; mais l'important développement des algues et des colonies bactériennes contribue alors à maintenir l'épuration des eaux.

III.2 - LA FAUNE BENTHIQUE.

L'étude de la faune benthique permet souvent d'obtenir une précision plus importante que l'étude du milieu physico-chimique sur la nature et la qualité d'une eau. On peut alors déterminer un certain nombre des communautés (ou biocénoses) benthiques caractéristiques d'un secteur d'un cours d'eau.

En effet, un cours d'eau est un milieu plus ou moins homogène, ce qui n'est pas sans effet sur les communautés qu'il abrite. Les variations se font suivant la nature du substrat, la teneur en oxygène dissous, la température, la vitesse du courant, le débit . . . Elles se font aussi suivant la distance par rapport à la source et établissent une répartition longitudinale de l'amont vers l'aval ou zonation. Cette zonation longitudinale est due à l'action combinée du changement des conditions de vie et de la compétition entre les diverses espèces occupant un milieu semblable.

Donc les espèces, dans une certaine mesure, sont indicatrices du milieu et du niveau.

On peut donc par l'analyse des peuplements d'invertébrés observer des modifications du milieu à un même niveau en cas de présence de rejets polluants et ceci de manière plus fine que ne le permet l'étude des paramètres physico-chimiques.

La précision de ces modifications permet alors d'établir des degrés de pollution, grâce à des systèmes d'indices qui ont été adoptés maintenant par la plupart des hydrobiologistes (ILLIES et BOTOSEANU 1963) (TUFFERY et VERNEAUX 1967).

III.2.1 - Méthode d'échantillonnage :

Nous avons adopté la méthode du filet échantillonneur de type Surber. Elle consiste à remuer et gratter du pied le substrat du lit en amont du filet, celui-ci étant posé verticalement sur le fond. Le courant entraîne alors les sédiments meubles dans le filet, ainsi que la faune qui les habite.

La surface prélevée fait environ $0,1 \text{ m}^2$; quelquefois la présence de cailloux ou de touffes de Fontinales nécessite de prélever ceux-ci en entier.

Le prélèvement est alors transvasé du filet dans un récipient plastique et fixé au formol à 1 %.

Le tri est effectué au laboratoire. Il est quantitatif pour la plupart des espèces, et qualitatif pour certains groupes (Oligochètes, Chironomidae).

Cette détermination qualitative est nécessaire ; en effet, "l'espèce est l'unité écologique" et souvent, des espèces très voisines appartiennent à des milieux très différents. Il a été souvent nécessaire d'élever certaines larves pour pouvoir faire cette détermination qui est plus facile chez l'adulte. Les déterminations ont été réalisées par Monsieur le Maître Assistant BOURNAUD, de la Faculté des Sciences de Lyon et Gérard KECK, Maître Assistant de la Chaire de Toxicologie - Pharmacologie de l'E.N.Vétérinaire de Lyon.

III.2.2 - Résultats qualitatifs :

- PLATHELMINTHES :

Turbellariés (Planaires) :

- . *Dugesia gonocephala* (Dugès)
- . *Polycelis felina* (Dall'yel)
- . *Polycelis nigra* (O.F. Müll).

- OLIGOCHETES :

- | | |
|-----------------|---|
| Lombricidae : | . <i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny) |
| Lombriculidae : | . <i>Stylodrilus lemari</i> (Grübe). |

- . *Stylodrilus heringianus* (Claparède)
- Enchytreidae : . *Cognetia* (Nielsen-Christensen)
- Tubificidae : . *Tubifex tubifex* (Müller)
- . *Tubifex ignotus* (Stolci)
- . *Psammoryctides barbatus* (Grübe)
- . *Potamotheix hammoniensis* (Michelson)

- MOLLUSQUES :

Gastéropodes :

Pulmonés : Basommatophores

Ancylidae : *Ancylus fluviatilis*

Stylommatophores

Succinea putris

L. var. *limnoidea*

- ARTHROPODES :

Crustacés : Amphipodes : *Gammarus fossarum* (Koch)

Gammarus pulex L.

Gammarus wautieri (Roux)

- INSECTES :

Coléoptères : Gyridinae : *Orectochilus* (Lacordaire)

Hydraenidae : *Hydraena* sp. 2 espèces

| Dryopidae : s/f Helminthinae :

- . *Riolus cupreus* (Müller)
- . *R. subviolaceus* (Müller)
- . *Limnius perrisi* (Dufour)
- . *Limnius volekmari* (Panz.)
- . *Elmis aena* (Müller).

- EPHEMEROPTERES :

Heptageniidae : . *Rhithrogena semicolorata* (Curt.)

Baetidae : . *Baetis rhodani* (Pict.)
 . *Baetis pumilus* (Burmeister)
 . *Baetis doriei* (Pict.)

Lepthophlebiidae : . *Paraleptophlebia* sp.

- TRICHOPTERES :

Rhyacophilidae : espèces sans fourreau, tissant un filet.

. *Rhyacophila vulgaris* (Pict.)
 . *Rhyacophila tristis* (Pict.)
 . *Rhyacophila pubescens*

Glossosomatidae : fixes, vivants dans un petit dôme de gravillons.

s/f Agapetinae :

. *Agapetus fuscipes* (Curt.)
 . *Synagapetus* sp.

Psychomyidae : espèces à fourreau de sable

. *Lype phaeopa* (Steph.)
 . *Tinodes dives* (Pict.)
 . *Tinodes unicolor* (Pict.)

Polycentropodidae : espèces sans fourreau, tissant un filet.

. *Plectronemia conspersa* (Curt.)

Odontoceridae : espèces à fourreau sableux

. *Odontocerum albicorne* (Scop.)

Limnephilidae : Limnephilinae : Stenophylacini

. *Potamophylax latipennis* (Curt.) Neboiss

Sericostomatidae :Goeridae :

- . *Silo nigricornis* (Pict.)
- . *Goera pilosa* (Fabr.)

- PLECOPTERES :Filipalpes :

- . *Nemoura* sp.
- . *Leuctra* sp (3 espèces)

Setipalpes :

- . *Isoperla* (rivulorum ?)

- DIPTERES :- Nématocères :Simuliidae :

- . *Simulium* plusieurs espèces dont :
- . *S. variegatum* (Meig.)

Chironomidae :

- Tanypodinae : plusieurs espèces dont *Tanypus* sp.
- Chironominae :

Chironomiens : plusieurs espèces dont
 . *Chironomus* gr. *thumi*

Tanytarsiens : plusieurs espèces dont
 . *Lauterbaumia gracilentia* (Homlgr.)

- Diamesinae : plusieurs espèces dont :

. *Prodiamesa olivacea* (Meig.)

- Corynoneurinae : plusieurs espèces dont :

. *Corynoneurina celeripes* (Edwards)
 . *Thienemaniella* sp.

- Orthocladiinae : plusieurs espèces dont :

. *Brilla modesta* (Meig.)
 . *Metriocnemus* sp.

Ceratopogonidae :

- . *Bezzia* sp.

Tipulidae :

- . *Limmophila* sp.
- . *Hexatoma* sp.

Limnobiidae :

- . *Dinacrota* sp.
- . *Antocha* sp.

- Brachycères :

Dolichopodidae : . *Hydrophorus* sp.

Empididae : . *Atalanta* sp.
 . *Hemerodromia* sp.

III.2.3 - Résultats quantitatifs :

Ils sont reproduits sous forme de tableaux d'espèces ;
 y sont portés soit le nombre trouvé par échantillon, soit la
 densité représentée par des croix.

III.2.4 - Remarques sur la répartition et la densité des
 espèces dans l'Arène :

III.2.4.1 - Planaires :

Polycelis felina est très abondante à la source de l'Arène.

III.2.4.2 - Oligochètes :

Stylodrilus heringianus est seul présent en amont de
 l'égoût de Virieu. Dès la station 16, en aval de cet
 égoût, il est remplacé par *S. Lemani*. Il est associé à
Tubifex ignotus, ce qui signe une forte charge en
 matières organiques.

A la station 7, en aval du rejet de la salaisonnerie, la
 présence de *Potamothrisc hammoniensis* (Tubificidès)
 associé à *Stylodrilus heringianus* montre une pollution
 organique importante (*Potamothrisc ham.* est considéré en
 être un indicateur valable), mais révèle une certaine
 auto-épuration de l'Arène et la nature mixte de substrat
 (vase - sable - limon) par la présence de *Stylodrilus
 heringianus*.

	AO	16'			16			23.7.74	7
		a	b	c	a	b	c		
. Orthocladinae	++	++	++	++	++	++	++	++	+++
Brilla modesta	+	+			++			++	
Metriocnemus									++
<u>COLEOPTERES</u>									
à D : larves									
à G : imago									
- Gyridinae									
Orectochilus									
sp.			1-						
- Hydraenidae									
Hydraena sp.1							1-		
sp.2								1-	
- Helminthinae									
Elmis aenea		2-							
Riolus cupreus		1-	4-	4-	3-	1-	4-	1-	
Riolus subvio-									
laceus				5-1	3-2				
Limnius perrisi								+	
Limnius volkmari								+	
<u>TRICHOPTERES</u>									
- Ryacophilidae									
R.gr. vulgaris				1	4		2	21	1
R. vulgaris						21	29	5	
R. gr. tristis				1					
R. tristis				1					
R. pubescens			7	2	1				
- Glossomatidae									
Agapetinae	23	1	1						
- Psychomyiidae									
Lype phacopa								1	
Tihodes dives				4	1			1	
T. unicolor				3	10			2	
- Polycentropo-									
pidae									
P. conspersa	4								
- Odontoceridae									
O. albicorne	+								
- Limnephilidae	17	79	54	4	27	1			6
Stenocephalini									
P. latipennis	+		1						
- Sericostoma-									
tidae	4		2						

III.2.4.3 - Mollusques :

Seul, *Ancilus fluviatilis* est présent en proportion importante. Il séjourne habituellement dans les faciès à courant rapide, riches en matières organiques, ce qui est le cas en aval de l'égoût de Virieu. *Succinea putris* présent dans l'Arène inférieure, est caractéristique de courants plus lents et dénote la surcharge en matières organiques.

III.2.4.4 - Gammaridae :

Les Gammares représentent la biomasse la plus importante de la faune benthique. Leur densité est quelquefois supérieure à 500 individus par $0,1 \text{ m}^2$. Ils sont caractéristiques des petits cours d'eau calcaires et représentent une part importante de l'alimentation des salmonidés.

Dans l'Arène, c'est *G. Pulex* qui domine avec en quantité moindre *G. fossarum*.

III.2.4.5 - Coléoptères :

Les Coléoptères Elminthidae sont les seuls représentants de ce groupe.

La plupart présente un cycle biologique entièrement aquatique et il a été constaté (BERTHELEMY 1966) que les espèces de ce groupe se remplacent d'amont en aval.

L'Arène est pauvre en représentants de ce groupe, comme la plupart des rivières du Jura. Elle s'oppose à l'abondance et la diversité de ce groupe dans le Furans. Seul le genre *Riolus* est bien représenté ; il est particulièrement calcicole et les larves colonisent surtout les

faciès à tufs et encroûtement calcaire. On ne le rencontre que dans l'Arène inférieure et il est à noter que si *R. cupreus* occupe toute la largeur du courant, *R. subviolaceus* ne se trouve que dans les faciès latéraux.

III.2.4.6 - Ephéméroptères :

Le groupe est représenté essentiellement par le genre *Baetis*, et le genre *Rhithrogena*. *Baetis* est présent à des densités spécifiques assez intéressantes selon les faciès :

Source : *B. rhodani* (+ + +)

Station 16' : *B. doriei* (+ +)
B. pumilus (+)

Station 16 : a) amont de l'égoût :

B. doriei (20)
B. rhodani (150)

b) aval. vitesse 1 m/s :

B. doriei (100)
B. rhodani (400)

c) Aval. vitesse 1,5 m/s :

B. doriei (100)
B. rhodani (50)

Station 7 (aval du rejet de la salaisonnerie) :

B. doriei (20)
B. rhodani (20)

B. rhodani est donc absent en amont de Virieu et devient très abondant en aval. De plus on assiste à une augmentation de la densité des *Baetis*. Cela semble dû à l'apport en matières organiques de l'égoût. Ces espèces sont considérées généralement comme caractéristiques d'eaux fraîches et pures, et se développent en 16' et 16, car même en été l'eau ne dépasse pas 15° et la teneur en oxygène ne descend que rarement en dessous de 10 mg/l, l'envasement progressif du substrat explique leur faible densité en station (7).

III.2.4.7 - Trichoptères :

Rhyacophilidae : Présence en amont de Virieu de *R. pubescens* et *R. tristis*, et en aval de *R. vulgaris* seul, qui semble plus saprophile que les autres espèces.

Il semble que la richesse du milieu soit responsable de leur abondance et de leur dominance sur les autres espèces.

Glossosomatidae : Présence d'Agapetinae seulement et cela en amont de Virieu, surtout à la source ; ils sont caractéristiques des eaux très propres et rapides (oxygénation - passage de nourriture).

Limnephilidae : abondante en station 16' et à la source dans les faciès à courant plus lent.

III.2.4.8 - Plécoptères :

Nemura sp. localisé à la source, *Leuctra* sp. et *Isoperla* représentés en amont et en aval de l'égoût de Virieu en quantités égales.

Il est à noter l'absence de Plécoptères qui sont des espèces pétricoles dans le cours inférieur (7) à fond sablo-vaseux.

III.2.4.9 - Diptères :

Chironomidae : ils sont très abondants dans l'Arène. Les orthocladiinae sont constants, notamment *Brillia modesta* présent dans toutes les stations.

Metriocnemus, n'apparaît qu'à la station 7 (fond sablo-vaseux).

Tanipodinae et les Tanytarsiens sont abondants sur le substrat détritique du faciès C. de la station 16'.

En aval de l'égoût de Virieu apparaissent deux espèces révélatrices de la surcharge organique : *Chironomus gr. thumi* et *Procladius olivacea*.

Autres espèces :

Les Empididae sont abondants en station 16' (*Atalanta sp.*, *Hemerodromia sp.*) ainsi que le genre *Antocha* (Limnobiidae). Cela montre l'affinité de ces espèces pour les substrats détritiques.

La forte proportion de *Simulium* et de *Dicranota* à la station 7 est liée à la forte teneur en matières organiques en suspension, et à la présence de *Scirpus* jouant le rôle de supports nymphaux.

III.2.5 - Biocénoses particulières :

L'Arène présente trois milieux particuliers. Deux de ceux-ci sont en relation avec la pollution.

Station 1 : immédiatement en amont du confluent Furans - Arène.

Eau très chargée. Absence de végétation aquatique. Courant faible, présence d'espèces très caractéristiques de fonds vaseux :

Sialis buratia (Mégaloptères)

Chironomus gr. thumi

Tubifex.

Station 16' : Présence de grandes dalles calcaires, vitesse

du courant : faciès a → 32 cm/s

b → 23 cm/s

c → 59 cm/s

Donc courant modéré à rapide . C'est le milieu fluicole de VAILLANT. On y rencontre une biocénose calcaire à :

- *Rhyacophila gr. tristis*

- *Riolus (subviolaceus et cupreus)*

- *Tinodes (dives et unicolor)*

Diptères :

- *Hemerodromia sp.*

- *Antocha sp.*

- *Lauterbaunia gracilentia*.

Ces espèces montrent une intéressante adaptation en rapport avec leur mode de vie: elles creusent les concrétions calcaires et parviennent ainsi à se maintenir dans le courant.

Station 16 : Elle est placée en aval de l'égoût de Virieu; on y trouve les espèces suivantes :

- *Gammarus pulex* et *G. fossarum*
- *B. dorieri* et *B. rhodani*
- *Leuctra* sp.
- *Isoperla* (*rivulorum* ?)
- *Rhyacophila vulgaris*
- *Chironomus* gr. *thumi*

Certaines de ces espèces sont représentatrices de pollution organique (*Ch. gr. thumi*), d'autres présentent une certaine résistance à cette pollution (*Leuctra* sp - *Rhyacophila vulgaris*) par contre *Isoperla rivulorum* et *B. dorieri* sont des espèces très sensibles et sont "représentatrices d'eaux pures".

Cette combinaison d'espèces à sensibilité et à exigences très différentes semble s'expliquer grâce à plusieurs faits :

- . La température de l'eau demeure toute l'année relativement basse.
- . La teneur en oxygène dissous est rarement inférieure à 9 mg/l,
- . La vitesse du courant de 1 m à 1,5 m. Donc malgré l'abondance en matières organiques, ces espèces trouvent un milieu favorable et même les plus exigeantes se développent abondamment.

Comme nous l'avons constaté la teneur en nitrates et en nitrites ne s'élève que très peu en aval de l'égoût. Il semble donc que les facteurs cités précédemment contribuent à tamponner ces résidus de la dégradation des matières organiques.

Bien que nous soyons manifestement en présence d'une pollution organique importante (voir DBO - DCO), il semble qu'à court terme la faune benthique, et nous le verrons, la faune piscicole puissent encore profiter de la richesse stabilisée du milieu.

III.2.6 - L'importance des insectes naturels pour la pêche :

La truite, habituée à dévorer les insectes tombés à l'eau au cours du vol nuptial ou les larves se déplaçant sur le substrat, peut être pêchée avec un certain nombre d'espèces recommandées tout particulièrement tant pour le goût que la truite leur porte, que pour la bonne flottabilité et la facilité d'eschage.

L'Arène possède certaines espèces présentant ce caractère intéressant pour le pêcheur :

- Les Ephéméroptères qui sont l'ordre d'insectes principal pour la pêche à la mouche : le genre *Baetis*, ici bien représenté, est beaucoup imité pour les mouches artificielles par les anglais, sous la dénomination d'Olive DUN ; *Rhytrogena*, reconnu comme étant essentiellement un insecte des rivières de montagne est très prisé par la truite.
- Les Trichoptères, plus connus par les pêcheurs français sous le nom de Phryganes, sont très utilisés sous leurs formes larvaires : ce sont les "porte-faix", "porte-bois" ou "traîne-bûches", très recherchés par les pêcheurs de goujon. Les Limnephilidae et les Sericostomidae, bien présents dans l'Arène sont les plus utilisés pour la pêche à la mouche.
- Les Plécoptères, représentés ici par trois genres seulement ; *Leuctra* et *Isoperla* ne semblent pas, d'ailleurs, avoir un grand succès sur les rivières françaises.
- Parmi les Diptères, *Simulium* et *Chironomus* sont les plus utilisés.

A ces insectes, il faut ajouter le Gammare qui est une esche très bonne dans les rivières de plaine.

III.2.7 - Détermination d'indices biotiques :

D'après les résultats quantitatifs et qualitatifs obtenus sur la faune benthique, il est possible de codifier sur l'Arène les différents faciès selon une méthode couramment employée par VERNEAUX et permettant de déterminer des indices biotiques.

Pour chaque ordre est calculé le nombre d'unités systématiques présentes et dont les limites sont soit le genre, soit la famille ou le groupe entier.

Ces unités calculées sont additionnées pour un même faciès et on obtient alors le nombre total d'U.S. présentes, qui nous permet alors, grâce à un tableau de détermination établi par VERNEAUX de donner un indice biotique à ce faciès.

Voici, sous forme de tableau les résultats concernant les unités systématiques :

	A0	16'			16			7
		a	b	c	a	b	c	
Plécoptères	1	3	2	2	2	2	2	0
Trichoptères	5	2	4	4	3	2	1	3
Epléméroptères	3	1	2	2	1	1	1	1
Coléoptères	0	1	2	1	1	1	2	2
Crustacés	1	1	1	1	1	1	1	1
Diptères	3	2	3	3	4	3	4	4
Planaires	2	0	0	0	1	0	0	2
Oligochètes	2	1	2	0	0	2	3	2
U.S. totales	17	11	16	13	13	12	14	15

D'après la méthode de détermination, nous obtenons les indices biotiques suivants :

A0	16'			16			7
	a	b	c	a	b	c	
9	9	10	9	9	9	9	8

Nous constatons donc que ces indices sont bons pour les stations A0, 16' et 16 et que la pauvreté apparente de la faune en station 7 est reflétée par un indice biotique de 8, donc en régression.

III.3 - L'ICHTYOFAUNE.

Deux pêches électriques furent organisées dans l'Arène en Décembre 1973 et en Mars 1974. Elles avaient plusieurs buts :

- . connaître l'importance et la structure de la population,
- . apprécier l'influence d'une maladie nouvelle de la truite : le "syndrome mycosique",
- . connaître les effets des rejets polluants sur la vie piscicole.

III.3.1 - Technique de pêche :

La mise en place en deux points d'un même plan d'eau de deux électrodes, l'une fixe (cathode), l'autre mobile (anode), reliées à un générateur de courant détermine entre les 2 pôles un champ électrique. Dans un rayon d'action de 1 à 2 m autour de l'anode, l'intensité du champ provoque sur le poisson une attraction (galvanotaxie) ; celui-ci se rend alors en "nage forcée" vers l'anode. Il est alors dans un état de "narcose galvanique" ce qui permet de le saisir à l'aide d'une épuisette.

Dans l'Arène, on utilisa un courant continu de 330 volts et d'intensité 3,8 ampères fourni par un groupe électrogène Electro-Pullman.

Le cours a été remonté avec 2 anodes fixées au bout d'une perche et les poissons, recueillis dans une épuisette, ont été recensés puis rejetés en aval où en quelques secondes ils perdaient leur état de narcose.

III.3.2 - Résultats :

Seule la truite commune (*Salmo trutta fario* L.) a été recensée. Il est à noter que les truites indigènes de l'Arène présentent des points noirs très prononcés sur un fond de robe très foncé et une nageoire caudale bien fourchue. Les truites de repeuplement (races danoises) sont plus claires et ont le bord postérieur de la nageoire caudale beaucoup moins échancré.

Quelques brochets (*Esox lucius*) ont été pêchés et rejetés ; et dans les parties à courant rapide et de faible profondeur, des populations souvent denses de chabots (*Cottus gobio* L.) furent trouvées.

Six secteurs ont été pêchés :

- . Secteur 1 : en amont de l'égoût de Virieu (230 m)
- . Secteur 2 : en aval de l'égoût de Virieu (190 m).

Ces deux secteurs présentent la morphologie suivante : fond de galets et blocs avec Fontinales et en aval dense végétation alguale. Courant fort (0,80 à 1,20 m/s).

- . Secteur 3 : en amont du rejet de la salaisonnerie (100 m).
Fond sableux - petits galets - courant faible - peu de végétation aquatique.
- . Secteur 4 : en aval du rejet de la salaisonnerie jusqu'au confluent avec l'Arène (190 m).
fond vaseux - végétation aquatique très dense (Sium-Apium).
- . Secteur 5 : en amont du confluent ruisseau - Arène (170 m).
Fond de galets et blocs, alterné avec fond sableux. Courant faible - profondeur faible - largeur 2 à 4 m - présence de frayères.

- . Secteur 6 : en aval du confluent Arène - ruisseau (200 m).
Fond sablo-vaseux - présence d'un gros trou 30 m en aval -
courant régulier avec des zones d'eaux mortes - frayères.

Les truites ont été recensées selon quatre tailles :

6 - 10 cm	=	Classe I
10 - 15 cm	=	Classe II
15 - 23 cm	=	Classe III
> 23 cm	=	Classe IV.

D'autre part, en Décembre 1973, furent recensées les truites malades (syndrome mycosique) et les cadavres trouvés. A ce moment la maladie sévissait de façon aiguë ; en effet, ses symptômes se manifestent au moment du frai, ce qui était le cas en Décembre. Par contre, en mars 1974, la maladie avait disparu et la population avait sensiblement changé , les frayères ayant été abandonnées.

^
PÊCHE DU 4 / 12 / 1973

=====

	CLASSE I	CLASSE II			CLASSE III			CLASSE IV		
	Toutes saines	Saines	Malades	Mortes	Saines	Malades	Mortes	Saines	Malades	Mortes
Secteur 1 (230 m) Largeur 2,5 m	252	75	0	0	46	0	0	8	3	0
Secteur 2 (190 m) l = 2,5 m	131	93	0	0	47	2	0	12	1	0
Secteur 3 (190 m) l = 1 m	31	1	0	0	7	4	0	0	0	0
Secteur 4 (190 m) l = 1,5 m	78	29	0	0	39	2	6	11	5	5
Secteur 5 (170 m) l = 2,5 m	125	14	1	0	8	9	2	3	2	1
Secteur 6 (220 m) l = 2,5 m	103	18	1	0	57	10	3	24	14	2

^
PÊCHE DU 1 / 3 / 1974

=====

	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
Secteur 1 (230 m)	159	99	54	13
Secteur 2 (190 m)	106	23	78	45
Secteur 3 (100 m)	20	3	0	4
Secteur 4 (150 m)	38	101	19	29
Secteur 5 (170 m)	119	56	5	10
Secteur 6 (220 m)	51	73	22	44

D E N S I T É =====

04 / 12 / 1973

	Densité totale truites/m2	Densité truitelles	malades % population	malades % adultes
Secteur 1	0,66	0,44	0,78 %	5,3 %
Secteur 2	0,60	0,27	1 %	4,8 %
Secteur 3	0,43	0,31	9,3 %	36,3 %
Secteur 4	0,61	0,27	10,2 %	26,4 %
Secteur 5	0,38	0,29	8,4 %	45 %
Secteur 6	0,42	0,18	12,3 %	26,3 %

01 / 03 / 1974

	Densité Totale	Densité truitelles
Secteur 1	0,56	0,27
Secteur 2	0,53	0,22
Secteur 3	0,27	0,20
Secteur 4	0,65	0,13
Secteur 5	0,44	0,28
Secteur 6	0,34	0,09

III.3.3 - Répartition spatiale des individus :

III.3.3.1 - La truite, poisson carnivore, et son territoire :

Le comportement nutritionnel de la truite consiste en la capture de proies à partir d'un poste d'affût, généralement dérobé à la vue de ses prédateurs.

Autour de cet abri, un volume fictif plus ou moins vaste constitue le territoire, unité vitale, où la présence du propriétaire exclut la présence simultanée de congénères (VAN DEN ASSEM - 1967). Son volume varie selon la taille des individus, la densité de la population et l'hétérogénéité du substrat.

Prenons deux exemples dans l'Arène pour illustrer les variations dans la population dûes à ces différents facteurs :

Secteur 3 : (mars 1974) : 100 m de petit ruisseau, à fond sableux avec des petits galets - courant et profondeur faibles.

(23 truites de moins de 20 cm soit 85 %

(4 truites de plus de 20 cm soit 15 %.

Donc le manque de cachettes volumineuses et la faible importance de la végétation aquatique ne favorise pas la présence de grosses truites. Par contre, le secteur 4, où la végétation est beaucoup plus dense, les pourcentages sont de 75 % et 25 %, malgré l'envasement du fond.

Secteur 6 : fond sablo-vaseux - courant régulier - profondeur : 20 à 50 cm - présence d'un gros trou profond de plus de 2 m, dans une courbe, avec une grande zone d'eaux mortes (environ 30 m).

- 55 % de truites < 20 cm
- 45 % de truites > 20 cm.

Le secteur 6 favorise donc la présence de truites de plus grande taille : la profondeur est plus importante et la présence de berges en surplomb et de zones d'eaux mortes sont des abris plus confortables et permettent la présence de territoires nombreux et très souvent étagés du fond vers la surface.

III.3.3.2 - Fluctuations de densité. Déplacements.

La compétition intraspécifique entraîne une hiérarchie territoriale qui évite localement de trop fortes concentrations de poissons et disperse les truites sur tout le cours de la rivière.

Cependant cette répartition subit des modifications sous l'influence de facteurs divers : la reproduction, la vitesse du courant, les matières en suspension et l'abondance de nourriture.

1) La Reproduction :

En hiver, les truites adultes quittent leur territoire pour se rendre sur les frayères où elles se reproduisent. Au poste de frai, les poissons se trouvent très près les uns des autres et seuls les mâles les plus gros manifestent une certaine agressivité vis à vis des plus jeunes qui tentent de féconder les oeufs déposés par les femelles.

La variation des résultats des deux pêches de l'Arène atteste de ce grand déplacement. En mars, les poissons sont revenus à leurs postes habituels. On constate également que les densités totales en mars sont inversées par

rapport à celles du mois de Décembre. Donc, après la reproduction, l'étalement normal de la population le long du cours d'eau se rétablit. A la limite, cette répartition peut être considérée comme uniforme ; sur le terrain, nous avons d'ailleurs constaté que les poissons étaient généralement concentrés dans certaines zones au cours de la pêche de Décembre 1973 et que, en mars 1974, ils ont été pêchés de façon régulière le long du cours.

2) La vitesse du courant :

Dans les zones de courant relativement faible, les truites ne paraissent pas occuper des postes bien définis et se trouvent souvent en pleine eau à la recherche de nourriture. Au contraire, plus le courant est vif, plus le comportement territorial est marqué (VIBERT et LAGLER 1961).

3) Les matières en suspension :

Lorsque l'eau est fortement chargée en matières en suspension, les truites se trouvent dans l'impossibilité de se voir les unes les autres. Les territoires sont alors plus serrés et la hiérarchie devient moins stricte.

4) L'abondance de nourriture :

Quand la végétation aquatique est plus dense, le nombre des abris et des supports pour les invertébrés augmente. L'abondance de nourriture liée à la conformation du substrat favorise alors une concentration des territoires et on peut noter la présence simultanée de plusieurs truites sur une surface réduite. De plus, il a été constaté dans des conditions expérimentales qu'au delà d'un certain seuil de densité, les comportements agressifs disparaissent (KEENLEYSIDE et YAMAMOTO - 1962).

maximale pour des températures entre 7 et 19° avec un minimum de 7 - 8 mg d'O₂/l (NISBET 1966-1968).

III.3.4.1 - Les Frayères :

L'Arène était il y a quelques années, une zone à frayères excellentes ; il semble maintenant que leur nombre ait diminué et qu'elles soient moins fréquentées. La rivière présente de nombreux faciès adaptés à la constitution de bonnes frayères : herbiers, grandes surfaces de graviers et de sable dans des secteurs de profondeur et de courant relativement faibles.

III.3.4.2 - Productivité - Peuplement :

Les tableaux de densité nous montrent des chiffres très élevés : de 0,34 à 0,65 truite/m², soit 3400 à 6500 truites/ha. L'Arène apparaît donc comme ayant une productivité piscicole très forte. Celle-ci est à relier à différents facteurs assurant une croissance rapide et importante :

- la température et la teneur en oxygène dissous déjà cités plus haut,
- la forte minéralisation de l'eau qui favorise le développement des plantes aquatiques et des invertébrés (Gammareux notamment). Les truites vivant dans les eaux minéralisées (eaux dures riches en calcium) ont une croissance rapide (GUINAT 1969); en effet une forte concentration en ions place le poisson dans un milieu qui lui est proche et évite de trop fortes pertes d'énergie pour maintenir l'équilibre osmotique avec son milieu.

- l'importante productivité biologique traduite par la forte biomasse des Gammarès, très abondants jusque dans les secteurs chargés en matières organiques. Ils représentent la principale source de nourriture pour les truites de l'Arène, dont la chair est légèrement saumonée.

III.3.4.3 - Age du peuplement :

Il faut tout d'abord remarquer que la proportion des truitelles est très importante. La classe I comprenant les truitelles âgées de 1 an et moins est toujours la plus représentée. Les truites de 1 an à 2 ans sont moins nombreuses (classes II et III) et les truites adultes encore moins.

En mars 1974, les proportions sont les suivantes :

TRUITES	≤ 1 an	1 à 2 ans	Adultes
Secteurs 1 et 2	45,9 %	44 %	10,1 %
Secteurs 3 et 4	30,3 %	54,9 %	14,8 %
Secteurs 5 et 6	44,7 %	41 %	14,3 %

L'Arène a donc une population jeune et l'on constate une disparition des individus avec l'âge ; plusieurs causes de ce phénomène peuvent être invoquées :

- la pêche qui prélève généralement et "légalement" les individus adultes,

- la baisse saisonnière des eaux, supprimant certaines cachettes et incitant les truites à dévaler, dès qu'elles ont atteint cette taille, vers des secteurs plus profonds et plus favorables.
- la mortalité "naturelle" qui serait plus forte pour des truites plus âgées.
- et surtout, semble-t-il, la mortalité due au syndrome mycosique, qui affecte principalement les truites adultes.

III.3.4.4 - Le syndrome mycosique :

Dès le mois de Décembre 1970, un certain nombre de truites fario géniteurs étaient trouvées mortes ou mourantes sur les frayères, porteuses de lésions cutanées envahies par les champignons. La mortalité avait pour caractéristique d'atteindre seulement ces reproducteurs parfois jusqu'à 95 % de l'effectif. Les espèces d'accompagnement telles que le chabot, la loche franche, voire le brochet ne présentaient alors aucun signe de cette atteinte mycosique.

En février 1971, les départements touchés étaient les suivants : le Jura - l'Ain - la Meuse, - la Meurthe-et-Moselle - la Marne - la Vaucluse - la Haute-Saône - l'Ardèche - le Gard - l'Hérault - le Haut-Rhin et le Doubs. En mai 1971, certains autres départements s'avéraient être atteints ou soupçonnés d'être atteints : les Ardennes - l'Aube - les Vosges - le Bas-Rhin - la Côte d'Or - la Saône et Loire - le Rhône - la Haute-Savoie - l'Isère - la Moselle - la Haute-Marne - la Drôme - le Puy de Dôme - le Cantal - la Corrèze - le Lot et l'Aveyron ; soit presque toute la moitié Est de la France.

La Belgique, la Suisse et l'Allemagne signalaient des mortalités à symptomatologie identique.

Les années suivantes d'autres régions étaient gagnées par la maladie, notamment les Pyrénées et la Normandie.

En février 1971, quelques piscicultures, situées sur les rivières contaminées se montraient affectées et en Mars, les chabots, les lottes, les loches, les ombres communs et les brochets, parvenus à leur période de frai, étaient à leur tour victimes des mycoses.

L'atteinte n'était donc pas spécifique d'une famille, mais frappait de nombreuses espèces de position taxonomique éloignée.

L'Arène, ainsi que la plupart des rivières de la région du Jura, fut une des premières atteintes.

1) Symptômes. Lésions :

a) Symptômes externes :

Les poissons adultes, puis les sujets sub-adultes, présentent sur l'épiderme des taches de contour presque régulier, de couleur jaune ou gris pâle, se localisant à la tête, au dos et à la queue. Puis ces zones sont rapidement envahies par des champignons et les taches prennent alors un contour irrégulier. Progressivement le mycelium envahit toute la surface du corps du poisson.

Les lésions sont le plus souvent limitées à la destruction de l'épiderme et malgré la couche mycélienne, le poisson conserve sa pigmentation spécifique, les chromatophores étant localisés au niveau du derme. Cependant les lésions céphaliques conduisent à une ulcération profonde amincissant la

boite crânienne au point de rendre visible l'encéphale des malades. Dès que l'infestation se généralise, le poisson meurt.

b) Modifications du comportement :

Les adultes reproducteurs commencent le creusement des frayères, puis les abandonnent et meurent généralement avant la fécondation. Leurs réactions de fuite et d'agressivité sont annihilées et leur apathie est telle que leur capture est possible à l'aide de simples épuisettes.

Les poissons malades réagissent mal ou pas du tout en présence d'un champ électrique.

c) Lésions à l'autopsie :

On constate une involution des organes génitaux, notamment des ovaires, soit totale, soit partielle ; il peut exister alors quelques ovules libres dans la cavité générale, mais on observe des ovules atrophiés dans la partie antérieure des ovaires. Bien souvent, alors que les gonades sont mûres, il se produit une rétention des produits sexuels qui ne sont pas expulsés, le pore génital n'étant pas préparé au frai et souvent très inflammé.

Les autres viscères présentent des états hémorragiques qui diffèrent selon le stade d'évolution de la maladie. Le foie est souvent congestif, hémorragique ou nécrosé, avec un lobe très pâle.

d) Evolution :

La mort survient en quelques jours. On observe des guérisons, laissant des cicatrices visibles au niveau des lésions.

Tous les stades de la maladie et toutes les formes de lésions ont été observées dans l'Arène.

2) Les milieux atteints :

La plupart des rivières contaminées sont à Salmonidés dominants. Elles se situent en plaine ou en haute plaine, jusqu'à 800 m d'altitude et coulent sur des substrats de toute nature. Dans certains cas les conditions hivernales ont été rigoureuses, mais quelquefois identiques aux années précédentes. Certains plans d'eau contaminés ont fait l'objet de repeuplement en Salmonidés, mais certains n'ont subi aucun aménagement des populations.

3) Etiologie :

Le Laboratoire Central de Recherches Vétérinaires a effectué systématiquement des examens bactériologiques, virologiques, mycologiques, parasitologiques, histologiques et toxicologiques sur tous les échantillons reçus. Parallèlement une enquête visant à recueillir le maximum de renseignements commémoratifs a été entreprise avec l'aide du Conseil Supérieur de la Pêche, des régions piscicoles et des brigades départementales de Garde-Pêche.

Ces travaux ont permis les observations suivantes :

- les animaux malades sont porteurs de nombreux champignons, ceux-ci variant d'un individu à l'autre ; il semble donc qu'ils ne soient que des "profiteurs", infestant secondairement des poissons affaiblis par un autre germe.
- parmi les bactéries isolées, les Myxobactéries reviennent le plus souvent
- les sujets atteints présentent souvent un parasitisme intestinal important

- les examens toxicologiques ont montré une présence constante de résidus d'organochlorés dans les viscères des animaux malades.
- la relation entre ces différents germes et principes toxiques ne peut être établie avec certitude.

Plus récemment, M. PORTE de la Station d'Hydrobiologie Continentale de Biarritz et S. CHILMONCZYK du Laboratoire d'Ichtyopathologie de Grignon ont mis en évidence des spores de microsporidie sur des calques de rate, de rein, d'organes génitaux, de lésions cutanées et d'oeufs de poissons provenant de la région du Sud-Ouest et présentant des symptômes et des lésions voisins de ceux du syndrome mycosique.

Actuellement, MORAND, à la DSV de Lons-le-Saunier (Jura), KECK et GASTELLU à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon essaient de trouver des microsporidies matures dans les lésions de ces truites de la région Rhône-Alpes-Jura.

Il n'est donc pas encore possible de savoir si la mortalité des Salmonidés en période de frai est le fait d'une bactérie, d'un parasite, ou l'action associée des deux, ni si les organochlorés, dont l'accumulation diminue la résistance des poissons aux infections, ont une influence directe ou simplement favorisante sur l'apparition des symptômes.

4) Impact sur l'Arène :

C'est au moment du frai de la fin de l'année 1971 que la maladie apparut dans l'Arène ; la mortalité, bien qu'assez importante, le fut beaucoup plus en 1972. Il y eut alors une baisse de population sensible, que les pêcheurs ressentirent, car les prises furent moins nombreuses.

Les tableaux de densité montrent les pourcentages des malades par rapport à la population totale et par rapport à la population des poissons adultes ou sub-adultes (> 20 cm) en décembre 1973. On constate que la proportion de ces malades est très forte dans les secteurs 3 - 4 - 5 et 6. Cela peut s'expliquer par la présence de frayères comprises dans ces secteurs, ou qui en sont peu éloignées. L'absence présumée de frayères aux abords de l'égoût de Virieu semble responsable de la proportion nettement moins importante des malades dans les secteurs 1 et 2.

Il est à remarquer que le pourcentage des poissons atteints est plus fort en amont qu'en aval des sources de pollution. Il se pourrait que ceux-ci recherchent alors une eau plus favorable à leur métabolisme et ayant notamment une teneur en oxygène dissous plus importante.

En attendant que les travaux importants entrepris pour cerner le problème de cette maladie aient abouti, un certain nombre de dispositions sont donc à prendre ou à maintenir pour éviter l'expansion du syndrome mycosique :

- ne pas transférer les poissons des plans d'eau contaminés
- ne pas réempoissonner les plans d'eau contaminés, les poissons introduits risquant à leur tour l'infestation,
- dans la mesure du possible, les poissons porteurs de mycoses doivent être capturés et détruits.

La population de l'Arène a diminué et diminuera, certes, mais pourra semble-t-il acquérir une certaine résistance vis à vis de la maladie.

ETAT DE SANTE DE L'ARENE :

=====

L'analyse des composantes abiotiques et biotiques de l'Arène permet de diviser son cours en deux parties bien distinctes : le cours supérieur en amont de Virieu le Grand et le cours inférieur en aval.

Le cours supérieur de forte pente, présente le faciès de dalles calcaires (ou "milieu fluicole"), que nous avons décrit. Le régime torrentiel accentué et la forte minéralisation de l'eau n'y permettent qu'une productivité biologique très faible (eaux à tendance oligotrophe) et un nombre restreint d'espèces d'invertébrés benthiques y habite.

Dans le cours inférieur, la pente faible et le fond sableux font de l'Arène un ruisseau à truites de plaine bien particulier. Généralement ces ruisseaux présentent des amplitudes annuelles de température avoisinant 20°C, de forts débits et un déficit d'oxygène en été. Comme nous l'avons constaté, l'Arène ne suit pas ce régime : ses eaux restent toujours froides et gardent une teneur en oxygène dissous supérieure à 8 mg/l.

Ce profil physico-chimique caractéristique est cependant perturbé par les rejets successifs. Le rejet de l'égoût de Virieu tout d'abord : il est, en temps normal, faible et ne semble pas, à courte distance, néfaste à cause de la vitesse du courant et de la basse température des eaux ; cependant, il est nettoyé une fois par semaine grâce à une vanne située au niveau de Claire Fontaine (station 16') qui permet de faire passer une partie de l'eau de l'Arène dans son réseau ; la rivière se trouve alors ponctuellement surchargée en matières organiques en suspension, en produits de dégradation plus ou moins toxiques (nitrites - nitrates - phosphates) et en produits non biodégradables (détergents). Le cours en aval subit alors

ce que l'on peut appeler une "pollution" et l'eau perd sa clarté sur plusieurs kilomètres. Un prélèvement d'eau de l'Arène effectué en mars 1974 au moment d'une de ces "purges" de l'égoût donne les résultats suivants :

pH : 7,55
 DBO : 20 mg/l
 DCO : 68 mg/l
 matières en suspension totales : 58 mg/l

La DBO et la DCO sont beaucoup trop fortes et en période de basses eaux, ces chiffres sont certainement plus forts et peu compatibles avec la vie aquatique. La mise en place d'une station d'épuration pour le traitement des eaux résiduaires de Virieu-le-Grand s'impose donc.

Le rejet de la salaisonnerie industrielle REYBIER impose une surcharge très nette en matières organiques, chlorures, nitrites et nitrates aux eaux du ruisseau récepteur et par conséquent à l'Arène. Il se produit un envasement progressif du substrat et cela jusqu'au confluent de l'Arène avec le Furans et même au delà. La végétation aquatique a pris une certaine expansion, mais la faune benthique a regressé et n'est plus représentée, en aval du rejet, que par quatre ou cinq espèces (Gammaridae - Tubificidae) très adaptées à la pollution organique.

Du point de vue législatif, le règlement de police des cours d'eau non domaniaux (Circ. n° 451 du 1er janvier 1906) interdit "de jeter, de déverser ou de laisser écouler soit directement, soit indirectement, dans le lit des cours d'eau, des matières, des rendus des liquides s'ils sont susceptibles d'occasionner des envasements ou de gêner l'écoulement des eaux, s'ils sont nuisibles par leur température ou leur nature à leur emploi aux usages domestiques ou à la conservation des poissons".

D'autre part, la circulaire du 6 juin 1953 concernant les établissements industriels stipule que "dans tous les cas, au sein de la zone correspondant à l'écoulement du milieu récepteur à l'étiage pendant 24 h, la teneur en oxygène dissous ne devra jamais être inférieure à la prescription légale qui correspond à la classification des cours d'eau, soit 7 mg/l pour les rivières à Salmonidés, soit 5 mg/l pour les rivières à Cyprinidés". Nous rappellerons à titre de comparaison les résultats des prélèvements du 9 octobre 1973 :

15 h : point 8' (en aval du rejet): 6,4 mg/l d'O₂ dissous
point 8 (200 m plus en aval) : 4,5 mg/l d'O₂ dissous

18 h : point 8 : 6,1 mg/l d'O₂ dissous.

Il suffirait d'un bassin de décantation et un traitement permettant d'éliminer les chlorures et les détergents de ce rejet pour permettre à l'Arène de retrouver son état de santé antérieur, favorisée en cela par son pouvoir auto-épurateur excellent.

---oOo---

C O N C L U S I O N S

=====

La vie dans les cours d'eau résulte d'un mécanisme dont nous commençons seulement à entrevoir les composantes. Aussi le but de cette étude a-t-il été de mettre en évidence les relations entre la vie aquatique et son milieu.

Nous avons montré, dans notre étude sur l'Arène, principal affluent du Furans les faits suivants :

- cette rivière est divisée en deux parties : un cours supérieur torrentueux et un cours inférieur à pente très faible.
- le cours inférieur subit les rejets organiques provenant d'une industrie de salaison, ce qui entraîne des modifications importantes sur le plan physico-chimique et sur le plan biologique :
 - . augmentation des éléments organiques (NO_3^- - NO_2^- - DBO - DCO).
 - . modification de la faune benthique et de la flore
 - . présence d'une faune salmonicole encore relativement dense.

En conséquence, il convient d'épurer les rejets avant leur arrivée dans l'Arène.

Le métabolisme d'un cours d'eau est constamment en transformation et sa stabilité relativement fragile ; il se trouve donc facilement agressé par toutes les modifications de son environnement.

Ainsi les cours d'eau sont-ils le reflet de l'état de santé de leur bassin versant. C'est à leur niveau qu'apparaissent les premiers signes de la détérioration de notre environnement ; avant de devenir évidente toute atteinte au milieu a déjà déplacé l'équilibre de la vie dans les cours d'eau.

C'est pourquoi il ne suffit plus d'accumuler patiemment des données, mais il faut encore, dès maintenant, établir des modèles prévisionnels pour éviter ce que craint VANDEL : "L'homme sera le "roi de la création", mais ce sera un roi sans sujet ".

Vu :

LE DIRECTEUR

de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,

LE PROFESSEUR RESPONSABLE

de l'École Nationale Vétérinaire,

Vu :

LE DOYEN,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

Vu et permis d'imprimer



LYON, le

- 1 JUIN 1976

19

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ

Le Président de l'Université de LYON 1

D. GERMAIN

B I B L I O G R A P H I E

=====

ACCOCE R.

La truite aux insectes naturels.
 Revue. Au bord de l'eau - mai 1971 - p. 14-18

ARRIGNON J.

Aménagement piscicole des eaux intérieures.
 1 vol. 643 p. Paris SEDETC SA. 1970

BAERENDS G.P.

Les sociétés et les familles des poissons.
 Colloque int. cent. nation. rech. scient. 34, 207-219 - 1952

BARRE N.

Dynamique d'une population de truites sur un secteur d'une rivière
 normande : l'Andelle.
 Thèse Doct. Vétérin. Paris 1972

Circulaire Ministérielle N° 451 du 1er juin 1906.

Circulaire Ministérielle du 6 juin 1953.

Circulaire Ministérielle du 22 janvier 1973.

Code Permanent - Environnement et nuisances.

CUINAT R.

Croissance et taille légale de la truite fario dans quelques
 rivières françaises.
 1960 Annls. Str. cent. hydrobiol. Appl. 8, 227-261

CUINAT R.

Etude synthétique de quelques paramètres démographiques, à partir
 de 63 diagnoses en rivière à truites. Influence de la pente et
 du calcium.
 Polygraphie - 1969

CUINAT R. et VIBERT R.

Diagnoses démographiques sur les populations de poissons dans les cours d'eau à truites.

Stud. Rev. Gen. Fish. Conn. Méditerran. 21-26 p.

DE BOISSET L.

Les mouches du pêcheur de truites.

1939

DECAMPS H.

La vie dans les cours d'eau.

Presses Universitaires de France - 1971

HELAND H.

Observations sur les premières phases du comportement agonistique et territorial de la truite commune salmo-trutta (L.) en ruisseau artificiel.

Ann. Hydrobiol. 1971, 2 (I) 33-46

HUBAULT E.

Contribution à l'étude des Invertébrés torrenticoles.

Bull. Biol. Fr. Belg. Suppl. 9, 338 p.

HUET M.

Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes.

Bull. Franç. Pisc. 175, 41-53, 1954

HUET M.

Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes.

Schweiz. Z. Hydrol., 11, 3/4, 332-351, 1954

HYNES H.B.N

The ecology of running waters.

Liverpool, Univ. Press. 1972, 556 p.

ILLIES J. et BOTOSANEANU L.

Problèmes et méthodes de la classification et la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique

Mitt. Int. Ver. théor. angew. Limnol., 1963, 12, 57 p.

KECK G.

Recherches écologiques sur le bassin versant du Furans (Ain).
Essai d'étude hydrobiologique.
Thèse Doct. Vétérin. Lyon 1975

KEENLEYSIDE M.H.A. et YAMAMOTO F.T.

Territorial behaviour of juvenil Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L.)
Behaviour, 19, 1-2, 139-169

KLEIN L.

River pollution. I - Chemical analysis.
Butterworths, London, 1959, 206 p.

LALLOZ J.M.

Les eaux résiduaires et la législation des établissements classés.
Thèse Doct. Vet., Toulouse 1974

NISBET M.

L'oxygène dissous dans l'eau.
p. 11 La Piscic. franç. II/1966 N° 6

NISBET M.

L'eau, critère de qualité pour la vie piscicole. L'évolution de
cette qualité.
Men. Agr. B T J N° 228, 3/4/1968, P. 231 à 244

PORTE M. et CHILMONCZYK S.

Une microsporidiose des Salmonidés dans le Sud-Ouest de la France.
Bull. Franç. Pisc. N° 253 1974

RAMADE F.

Eléments d'écologie appliquée.
Ediscience, ed. Paris, 522 p. 1974

TRENARD G. and L.

Le Bas-Bugey. La terre et les hommes.
"Le Bugey" ed. Belley 418 p. 1951

TUFFERY G. et VERNEAUX J.

Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes.
CERAFAER 4-1968

VAILLANT F.

Recherche sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord.

Mem. Mus. Nat. Hist. Nat. Paris Sér. A 1956, 11, 1958

VERNEAUX J.

Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs.
Essai de biotypologie.

Thèse Sci. Univ. Besançon 1974, 84, 257 p.

VERNEAUX J.

Contribution à l'étude d'une petite rivière de plaine : les Doulonnes (Jura) . Référence particulière aux Diptères Chironomidés.

Remarques écologiques.

Ann. Sci. Univ. Besançon Zool., 1968, 4, 1-12

VERNEAUX J.

Recherche sur une méthode pratique d'étude synthétique des cours d'eau. Application à la rivière Doubs.

Thèse troisième cycle Fac. Sci. Univ. Besançon, 1969, 87, 153 p.

VERNEAUX J.

Faune dulcaquicole de Franche-Comté. Le bassin du Doubs (massif du Jura). I - Les poissons. II - Les Plécoptères. III - Les Trichoptères.

Ann. Sci. Univ. Besançon, 1972, 7. (3), 3-46

VIBERT R.

Les truites sont-elles migratrices ou sédentaires ?

Bull. Franç. Piscic. 1960 : 107-110

VIBERT R. et LAGLER K.F.

Pêches continentales, biologie et aménagement.

1 vol. 276 p. London Fishing News (books).

VIVIER P.

La vie dans les eaux douces.

Presses universitaires de France, 1972

